



COMUNE DI CAPACCIO PAESTUM

(Provincia di Salerno)

Opera

Riqualificazione energetica della pubblica illuminazione stradale con corpi illuminanti a LED e sistemi automatici di regolazione - Telecontrollo e telegestione del flusso luminoso

Livello progettuale

PROGETTO ESECUTIVO

ai sensi dell'art. 23 del D.LGS 50/2016 e dell'art. 23 del D.P.R. 207/2010

Elaborato		Scala	
1		RELAZIONE GENERALE	
		//	
Maggio 2023		PRIMA EMISSIONE	
Data	Rev.	Descrizione	Redattore

Verificato:

Visto:

Approvato:

Progetto

Sommario

Premessa	2
Relazione illustrativa generale	2
Inquadramento territoriale per l'analisi dello stato di fatto	2
Studio di prefattibilità ambientale	3
Indagini geologiche, idrogeologiche paesaggistica e archeologiche	3
Quadro normativo di riferimento	3
Aree di intervento	5
Stato dell'impianto di pubblica illuminazione	5
Analisi delle alternative progettuali	5
Sostenibilità ambientale e paesaggistica	5
Relazione Tecnica	6
Analisi tecnico funzionale dell'intervento	6
Soluzioni progettuali	7
Diagnosi Energetica	10
Quadro Normativo	10
D.Lgs. 115/08, D.Lgs 102/14 e s.m.i.	10
La norma UNI CEI EN 16247	11
Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica	11
Obiettivo	12
L'audit energetico	12
Caratterizzazione impianto di pubblica illuminazione	12
Analisi energetica	13
Definizione dei KPI (Key Performance Indicator)	14
Proposta progettuale	14
Verifica dei KPI	17
IPEA	17
IPEI	17

Premessa

Il comune di Capaccio Paestum (SA) ha manifestato la volontà di partecipare all'Avviso Pubblico *“per la selezione, ai fini dell'ammissione al finanziamento, di progetti esecutivi immediatamente cantierabili, in armonia con quanto previsto dalla normativa vigente in materia di procedure d'appalto (D.P.R. 207/2010 per la parte ancora in vigore e D.Lgs. 50/2016 e ss.mm.ii.) e validati ai sensi dell'art. 26 del D.Lgs. 50/2016, predisposti per la riduzione dei consumi energetici negli edifici pubblici, nelle strutture pubbliche, nell'edilizia abitativa pubblica, per l'installazione dei sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile e l'adozione di soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di illuminazione pubblica presenti in Regione Campania”*.

A tal fine si intende presentare il progetto per **“Riqualificazione energetica della pubblica illuminazione stradale con corpi illuminanti a LED e sistemi automatici di regolazione – Telecontrollo e telegestione del flusso luminoso”**.

Il progetto esecutivo che completa il percorso di efficientamento della pubblica illuminazione, con eccezione di due quadri ubicati in Piazza Basilica e Borgonuovo (Tavernelle), è stato redatto in conformità all'art. 23 del D.Lgs. 50/2016 e all'art. 33 del D.P.R. 05/10/2010 n. 207 ancora vigente.

L'intervento si inquadra in quelli previsti nell'ambito dell'Asse 4 – “Energia sostenibile” ed in particolare nelle azioni volte all'adozione di soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di illuminazione pubblica promuovendo installazione di sistemi automatici di regolazione (Azione 4.1.3).

La scelta di cui sopra è dettata dalle seguenti esigenze:

- Conseguire il risparmio derivabile dalla contrazione dei consumi energetici;
- Perseguire l'obiettivo di ridurre le emissioni di anidride carbonica CO₂ nell'atmosfera in linea con il protocollo di Kyoto conservando gli equilibri dell'ecosistema salvaguardando i bioritmi naturali delle piante e degli animali;

Per soddisfare tali esigenze si è resa necessaria l'acquisizione di una serie di informazioni, quali:

- Struttura dell'impianto di P.I., inclusa la mappatura dei punti luce per tipologia/potenza delle lampade;
- Stato dell'impianto, in particolare quadri di alimentazione, linee, sostegni, tipologia di armature;
- Costi dell'impianto, inclusi consumi energetici e oneri manutentivi/gestionali.

Per ottenere le suddette informazioni sono stati effettuati anche sopralluoghi tesi a rilevare:

- Censimento dei punti luce, tipologia di sostegni, tipologia di armature;
- Verifica dei quadri elettrici;
- Calcolo assorbimenti;
- Misura dei livelli di illuminamento;
- Analisi della geometria dei luoghi: larghezza strada, interdistanza e altezza dei punti luce dal piano viabile.
- Tipologia e classificazione delle strade.

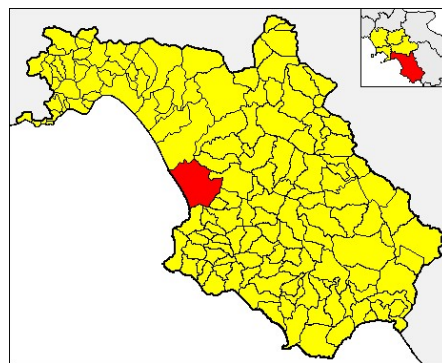
Relazione illustrativa generale

Inquadramento territoriale per l'analisi dello stato di fatto

Il territorio del Comune di Capaccio Paestum si estende da ovest ad est dal mar Tirreno al Monte Soprano (1.082m slm) e da nord a sud dal fiume Sele al fiume Solofone, per una superficie di 113,03 km² con un'altitudine di circa 419m slm. Confina con i comuni di Agropoli, Albanella, Cicerale, Eboli, Giungano, Roccadaspide e Trentinara; ha una popolazione di 22.149 abitanti (Istat 28.02.2023) ed una densità di popolazione di 195,96 abitanti/km².

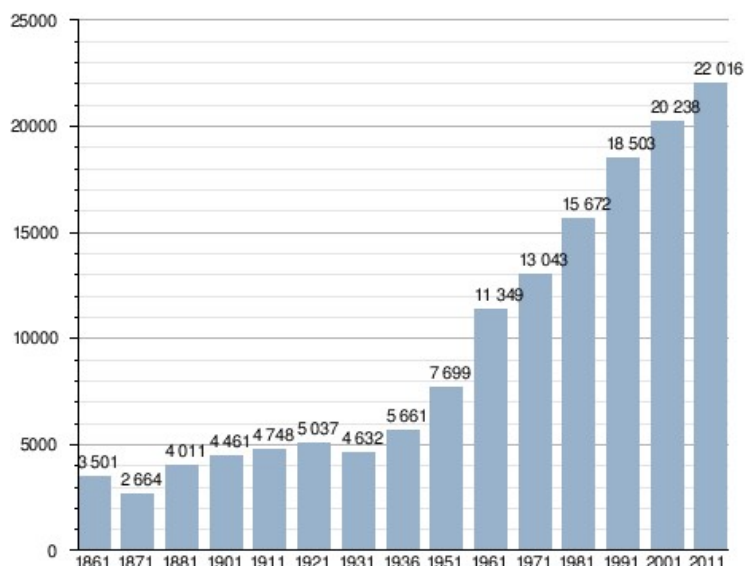
Le frazioni interessate dall'intervento sono quelle di Borgo Nuovo, Cafasso, Capaccio Scalo, Gromola, Laura, Licinella, Paestum, Ponte Barizzo, Rettifilo, Santa Venere, Torre di Paestum, Vannullo e Vuccolo Maiorano.

Il territorio è sede del celebre sito archeologico di Paestum (Patrimonio dell'umanità dell'UNESCO dal 1998) ed



ha ottenuto il titolo di città nel 2013. Il paesaggio è caratterizzato, da ovest verso est, da una lunga linea di costa, con spiagge sabbiose larghe anche fino a 80 metri, seguita da una fascia di pineta quindi da una vasta pianura, intensamente coltivata, che giunge fino alle pendici del gruppo montuoso, rientrando nel parco nazionale del Cilento e Vallo di Diano, dove sorge il nucleo storico del paese.

Come per i comuni limitrofi serviti dalle principali infrastrutture, anche il comune di Capaccio Paestum ha registrato, negli ultimi cinquant'anni un incremento demografico costante, attrattore della popolazione dei comuni più interni, così come evidenziato nel seguente grafico di fonte ISTAT:



Studio di prefattibilità ambientale

Per la tipologia degli interventi da realizzare e per il fatto che sono interessate strade ed impianti di P.I. già esistenti, i lavori sono compatibili con il P.R.G. vigente.

I lavori in oggetto, comprendenti anche alcune opere di scavo, per sostituzione di cavidotti, pozzetti, plinti di fondazione (località capoluogo – Piazza Tempone) e quanto altro, non vanno a modificare o ad alterare la conformazione idrogeologica del territorio operando in uno strato di terreno già rimaneggiato.

Indagini geologiche, idrogeologiche, paesaggistiche e archeologiche

Queste attività non sono necessarie per il presente intervento perché trattasi di adeguamento impiantistico di opere esistenti.

Si precisa che trattandosi di un intervento che non prevede la realizzazione di nuova costruzione e nemmeno scavi a quote diverse da quelle già impegnate dai manufatti esistenti, non è richiesta la trasmissione della documentazione progettuale e specialistica alle competenti Sovrintendenze né l'acquisizione di alcuna Autorizzazione Paesaggistica.

Quadro normativo di riferimento

Nel dicembre 2008 il Parlamento Europeo ha approvato il Pacchetto Clima-Energia, "Tre volte venti per il 2020", volto a conseguire gli ambiziosi obiettivi che l'Unione Europea si è unilateralmente posta per il 2020, ovvero:

- ridurre le proprie emissioni di CO₂ di almeno il 20% rispetto ai valori del 2005;
- aumentare del 20% il livello di efficienza energetica, ossia ridurre i consumi finali del 20% rispetto alle previsioni per il 2020;
- aumentare la quota di utilizzo delle fonti di energia rinnovabile giungendo al 20% sul totale del consumo interno lordo dell'UE.

Le Amministrazioni Locali possono fare molto per concretizzare le potenzialità di riduzione delle emissioni agendo dal basso, in modo mirato, sui settori energivori di loro diretta competenza (come il comparto edilizio e

la mobilità) ed attraverso la sensibilizzazione dei cittadini e degli stakeholders.

La nuova Direttiva europea sull'efficienza energetica del 14 ottobre 2011, inoltre, sancisce che gli Enti Pubblici si impegneranno a favore della diffusione sul mercato di prodotti e servizi a basso consumo energetico sottostando all'obbligo legale di acquistare edifici, prodotti e servizi efficienti sotto il profilo energetico.

Essi dovranno inoltre ridurre progressivamente l'energia consumata nei propri locali effettuando ogni anno i necessari lavori di rinnovo su almeno il 3% della superficie totale del patrimonio edilizio pubblico.

Tutte queste azioni necessitano di una sistematizzazione attraverso uno strumento di programmazione degli interventi e pianificazione delle strategie di attuazione per raggiungere ambiziosi obiettivi di riduzione delle emissioni (-20% entro il 2020) a livello territoriale su tutta la filiera energetica.

Per attuare tale impegno, è necessario proporre un insieme sistematico di azioni aventi i seguenti obiettivi:

- la presa di coscienza da parte dell'Amministrazione della distribuzione delle emissioni sul territorio, per individuare le azioni prioritarie su settori strategici d'intervento, quali l'energia, la pianificazione del territorio, la gestione delle acque, dei rifiuti e la mobilità urbana;
- la contabilizzazione in termini energetici delle potenziali azioni di risparmio energetico, di produzione alternativa di energia, di gestione territoriale per comprendere quali di queste siano davvero efficaci per la riduzione delle emissioni, attraverso una valutazione di costi/benefici;
- la creazione di un ampio consenso sul territorio per dare continuità alle azioni proposte al di là dei cambiamenti di Amministrazione, attraverso la sensibilizzazione ed il coinvolgimento dei cittadini a tutti i livelli (con comunicazioni mirate) e degli stakeholders;
- creare una sinergia tra i diversi settori dell'Amministrazione Provinciale affinché si instauri un dialogo permanente tra i diversi soggetti;

Leggi, Decreti e Norme tecniche

- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture";
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» per la parte ancora in vigore;
- Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- Decreto ministeriale 27 settembre 2017: Criteri Ambientali Minimi, per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica;
- Decreto ministeriale del 28 marzo 2018: Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di illuminazione pubblica;
- Norma CEI 64-8 sezione 714 "Impianti di illuminazione situati all'esterno";
- EN 13201-1 "Selezione della classe di illuminamento";
- EN 13201-2 Requisiti prestazionali: ovvero i parametri in quantità e qualità che i vari ambienti illuminati presi in considerazione devono rispettare;
- EN 13201-3 Calcolo delle prestazioni: illustra gli algoritmi e le convenzioni per il calcolo delle prestazioni;
- EN 13201-4 Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche: illustra e suggerisce metodi e procedure per la verifica delle prestazioni;
- CEI-EN 62271 – Quadri elettrici in media tensione;
- CEI UNEL 35023 1970: "Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4 - Cadute di tensione";
- CEI UNEL 35024/1 1997: "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.";
- Norma CEI 23-28 "Tubi per installazioni elettriche - parte II: norme particolari per tubi - sez. tubi metallici";

- Norma CEI 23-29 "Tubi in materiale plastico rigido per cavidotti interrati";
- Norma CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.

Aree di intervento

Le aree di intervento riguardano l'intero territorio comunale che non è stato già oggetto di efficientamento energetico con la tecnologia a LED, con la sola esclusione degli impianti alimentati dai quadri che ricadono nell'area archeologica di Paestum e più precisamente:

- Piazza Basilica (circa 50 P.L.)
- Via Magna Graecia – Borgonuovo (circa 35 P.L.)

Gli interventi comprendono strade, incroci, parcheggi, aree pedonali, piazze, ecc.

Le aree di intervento sono presenti:

- nel centro storico;
- nelle zone rurali;
- nelle aree isolate.

Nel centro storico le linee sono essenzialmente interrate ed i corpi illuminanti sono di tipo ornamentale. Nelle aree rurali le linee sono aeree ed i corpi illuminanti di tipo tradizionale su pali in acciaio.

Stato dell'impianto di pubblica illuminazione

L'impianto di pubblica illuminazione esistente, presente sul territorio comunale, per la quota parte che è oggetto del presente intervento, presenta la seguente consistenza:

- Nr. 46 quadri di alimentazione
- Nr. 1.939 corpi illuminanti
- Nr. 10 proiettori per l'illuminazione di aree contigue alle strade.

La tipologia di lampade presenti è a scarica, ai vapori di sodio ad alta pressione.

Analisi delle alternative progettuali

La proposta programmatica che l'Amministrazione Comunale intende perseguire per il contenimento dei consumi energetici della pubblica illuminazione prosegue nel cammino già intrapreso di trasformazione a LED di tutti i punti luce presenti sul territorio comunale. Difatti l'illuminazione pubblica rappresenta una delle voci di spesa di maggior impatto sul bilancio economico-finanziario dell'ente.

Pertanto, il presente Progetto viene redatto con l'obiettivo di individuare le soluzioni idonee atte alla riduzione della spesa dei consumi elettrici della pubblica illuminazione comunale.

La tecnologia individuata è quella a LED e gli apparecchi saranno quelli con ottiche in alluminio del tipo AEC. Illuminazione già presenti sul territorio comunale e capaci da garantire ottime performance per una migliore gestione del servizio.

Sostenibilità ambientale e paesaggistica

Il 70% del consumo globale di energia oggi proviene dall'utilizzo di energia consumata in città di cui il 50% è imputabile all'illuminazione degli spazi pubblici (strade, parchi, uffici, scuole).

Detto ciò si rende necessaria l'installazione di un sistema di gestione dell'illuminazione di nuova generazione che consenta una riduzione sensibile di tali costi con il conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂ in atmosfera e degli altri gas e particolati prodotti per la trasformazione dei processi di generazione di elettricità.

Relazione Tecnica

Analisi tecnico funzionale dell'intervento

Il primo passo dell'analisi tecnico-funzionale dell'intervento è quello di ricostruire un quadro conoscitivo di massima circa i consumi energetici dei 46 quadri presi in esame al fine di individuare i possibili interventi di miglioramento delle performance energetiche sia in termini di efficienza/sicurezza che di risparmio energetico in materia di illuminazione pubblica.



L'analisi, condotta a partire dai dati e dalle informazioni raccolte anche dai numerosi sopralluoghi e dalla documentazione posta a disposizione dagli uffici comunali preposti, ha permesso di individuare la tipologia degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica da proporre all'ente.

Il primo passo è quello di ricostruire un quadro conoscitivo di massima circa i consumi energetici nell'illuminazione stradale, al fine di individuare i possibili interventi di miglioramento delle performance energetiche in termini di efficienza e risparmio energetico in materia di illuminazione.

Dai sopralluoghi effettuati e dalla documentazione presente negli uffici comunali, l'illuminazione pubblica del Comune di Capaccio Paestum ancora da efficientare è composta da 1.949 punti luce.

L'illuminazione pubblica del territorio comunale, si caratterizza come per la maggior parte degli altri enti comunali, dalla presenza di impianti della pubblica illuminazione differenti per tipologia tecnologica ed estetica. Il centro della città, è caratterizzato, dalla presenza di c.d. lanterne a braccio e di pali che ben si addicono alla viabilità aventi sezione trasversale ridotta della carreggiata.

In periferia, i pali della pubblica illuminazione sono con bracci, anche di relativamente recente installazione.

Per quanto concerne l'illuminazione pubblica, nella presente proposta, si è tenuto conto di realizzare adeguate condizioni di visibilità, per favorire sia il traffico veicolare lungo le strade e sia quello pedonale nei centri cittadini e nei luoghi pubblici esterni.

Di fatti uno dei principali obiettivi che l'illuminazione stradale si pone è quella della sicurezza stradale al fine di diminuire la sinistrosità nella circolazione, soprattutto nel coinvolgimento dei pedoni; l'impiego delle luci proprie dei veicoli non sono assolutamente efficaci in quanto non permettono la percezione degli ostacoli in tempo utile. Nelle strade di grande comunicazione e in quelle a notevole traffico, l'illuminazione è considerata un mezzo indispensabile per consentire agli utenti l'identificazione rapida e sicura del tracciato, dei segnali, degli ostacoli e degli incroci con altri mezzi e strade.

Detto ciò appare evidente come la normativa in materia di illuminazione stradale (UNI 11248 e quella europea UNI 13202) sia particolarmente attenta a definire degli standard di riferimento.

Nello specifico la UNI 13201 è composta da:

- EN 13201-1 Selezione della classe di illuminamento;
- EN 13201-2 Requisiti prestazionali: ovvero i parametri in quantità e qualità che i vari ambienti illuminati presi in considerazione devono rispettare;
- EN 13201-3 Calcolo delle prestazioni: illustra gli algoritmi e le convenzioni per il calcolo delle prestazioni;
- EN 13201-4 Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche: illustra e suggerisce metodi e procedure

per la verifica delle prestazioni.

La normativa fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione di una data zona esterna dedicata al traffico.

Viene indicato come classificare le zone partendo da una classificazione di riferimento per arrivare ad una classificazione di progetto, cui se ne aggiunge una ulteriore in funzione di un processo di valutazione di molteplici parametri definito come "Analisi dei rischi".

All'atto pratico il processo di classificazione parte con l'individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento, come conseguenza della classificazione della strada secondo la legislazione in vigore. A questa prima classificazione si applica quella che è definita come "analisi dei rischi", ovvero una valutazione di tutte quelle caratteristiche specifiche dell'ambiente che possono portare ad individuare una diversa categoria illuminotecnica di progetto.

Molti elementi di valutazione e il loro peso in termini di rischi sono presentati nella norma attraverso diverse tabelle e processi decisionali.

Al termine di questa analisi, si ricava la categoria illuminotecnica di progetto "E" e le eventuali sotto-categorie legate al variare dei flussi di traffico, rispetto alle quali eseguire la progettazione illuminotecnica vera e propria. Una volta individuate le categorie illuminotecniche sopracitate sulle quali basare il progetto, si potranno indicare i nuovi interventi da mettere in opera per ottenere una migliore prestazione.

Nel caso in esame, per la redazione dei calcoli illuminotecnici, le strade sono state classificate C3 e C4 per il centro storico ed M3, M4 e M5 per la viabilità urbana (vedasi elaborato relativo ai calcoli illuminotecnici).

Come già accennato sopra, la tecnologia a LED si configura come la più vantaggiosa in termini di risparmio energetico: utilizzando queste lampade con basso assorbimento si ottiene un risparmio di energia che va dal 40% all'80% rispetto a una normale lampada.

Questo fattore, unito alla straordinaria durata delle lampade a LED e alla bassissima manutenzione, diminuisce drasticamente i costi di esercizio degli impianti di illuminazione.

Di fatti la vita utile dei sistemi a LED è stimata in 80.000-100.000 ore (15-25 anni, 12 ore al giorno) rispetto alle lampade SAP che è meno del quinto.

Inoltre, i benefici dovuti all'utilizzo di questo tipo di lampade si ripercuotono anche sull'ambiente; grazie ad esse si ha una riduzione dell'emissione di CO₂ e un minor inquinamento luminoso.

Il risparmio energetico rispetto alle fonti di illuminazione tradizionali è di circa:

- il 93% rispetto alle lampade ad Incandescenza
- il 90% rispetto alle lampade Alogene
- il 70% rispetto alle lampade a Ioduri metallici
- il 66% rispetto alle lampade Fluorescenti.

Quindi se con una lampada tradizionale ad incandescenza si ha un consumo di 100 Watt, con la tecnologia LED il consumo sarà di soli 10 Watt (Rapporto 1/10).

Inoltre i LED hanno un'efficienza luminosa superiore ai 130 lm/W anche per la temperatura di colore da 3.000°K. Oltre all'utilizzo di questa tecnologia è opportuno tenere conto anche delle potenzialità dei sistemi di controllo della luce e considerare questo come un'ulteriore soluzione da proporre e realizzare.

Un ulteriore contributo all'aumento di efficienza del sistema viene ottenuto con l'utilizzo di programmi orari che limitano la luce artificiale in particolari momenti della giornata richiamando situazioni luminose predefinite ottimizzate per le varie attività svolte all'interno degli spazi illuminati attraverso diverse tabelle e processi decisionali.

Soluzioni progettuali

a. Illuminazione a LED

Gli apparecchi illuminanti di nuova installazione, in luogo di quelli esistenti, dovranno essere di primaria casa Nazionale e possedere una buona affidabilità funzionale e lunga durata nel tempo allo scopo di diminuire le spese inerenti alla normale e straordinaria manutenzione.

In particolare, essi saranno dotati di:

- Sorgenti luminose a LED, ad elevata efficienza e durata di funzionamento;
- Alimentatori elettronici già predisposti/programmati per la riduzione automatica del flusso luminoso nelle ore notturne di minor traffico;

- Gruppo ottico rimovibile in alluminio 99,85% con finitura superficiale realizzata con deposito sotto vuoto 99,95% (Alluminio classe A+, DIN EN 16268);
- Sistema di controllo con presa ZHAGA (Presa 3 pin – Zhaga Book 18)

Gli apparecchi illuminanti sono stati scelti in funzione delle caratteristiche tecniche, delle prestazioni illuminotecniche e delle qualità estetiche, a seconda del tipo di strada/zona da illuminare.

L'analisi condotta in questa fase progettuale ha preso in esame quattro tipologie di apparecchi illuminanti (A, B, C e D) con caratteristiche illuminotecniche diverse tra loro e riportate nella tabella sottostante.

TIPO	DESCRIZIONE	FOTOMETRIE
A	I-TRON ZERO 5P5 AEC ILLUMINAZIONE	STU-M S05
B	REVELAMPE LL35 AEC ILLUMINAZIONE	OF3 STW OF3 STE-M OFH1 S05 OFH1 STU-M
C	STORY S 2F2H1 AEC ILLUMINAZIONE	S05
D	ARYA TP 2Z8	S S03

Tutti gli apparecchi illuminanti a LED di nuova installazione dovranno:

- essere conformi, per tipologia e modalità di posa, a quanto prescritto dalla Regione Campania, n. 12 del 25.07.2002 vigente in materia di contenimento dell'inquinamento luminoso;
- possedere la Marcatura CE;
- rispettare quanto previsto dalla normativa di prodotto (CEI EN 60598);
- essere conformi alla norma CEI EN 62471 "SICUREZZA FOTOBIOLOGICA delle lampade e dei sistemi di lampade";
- possedere curve fotometriche certificate e conformi alla norma UNI EN 13032 "Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione – Parte I°: Misurazione e formato di file";
- essere di classe d'isolamento II in modo da evitare l'impianto di messa a terra.

b. Altri componenti di nuova installazione

Come già detto, il presente progetto prevede essenzialmente la sostituzione degli apparecchi illuminanti esistenti con nuovi a LED più performanti.

Tuttavia, in alcuni casi è necessario realizzare degli interventi per l'adeguamento degli impianti esistenti alle normative vigenti. In particolare, sono previsti:

- sostituzione/integrazione di una parte dei PALI esistenti con nuovi di altezza maggiore e di tipologia di arredo anziché stradale classico, in modo da poter anche rientrare nei parametri illuminotecnici previsti dalle norme UNI;
- rifacimento dei QUADRI ELETTRICI esistenti mediante installazione di nuovi dispositivi di protezione e comando per apparecchiature per il controllo e la telegestione dell'illuminazione pubblica.

Il dimensionamento della potenza delle sorgenti luminose è stato oggetto di un accurato studio che ha tenuto conto di vari parametri, tra cui:

- categoria illuminotecnica della strada, definita dalla Norma UNI 11248 sulla scorta dei dati iniziali forniti dal Committente e successive analisi dei rischi e di utilizzo a cura del progettista;
- requisiti prestazionali minimi prescritti dalla Norma UNI EN 13201-2, verificati mediante calcoli illuminotecnici dettagliati di progetto;
- prescrizioni e regole contenute nella Legge Regione Campania, n. 12 del 25.07.2002.

c. Sistema di tele gestione con regolazione di flusso (Revetec)

La riduzione del flusso luminoso sarà ottenuta con l'impiego di sistema di controllo Punto-Punto tipo Maestro della Revetec che determina la riduzione di flusso puntuale di ogni singola lampada, essendo presenti in ogni corpo illuminante un alimentatore DALI a corrente costante. Il sistema proposto consente, in modo personalizzato, secondo le esigenze del singolo gestore, la telediagnosi e la telegestione da uno o più computer

attraverso segnale GSM, di tutti i componenti che costituiscono l'insieme di qualsiasi impianto di illuminazione già esistente o di nuova realizzazione. Con Maestro sarà possibile effettuare continuità e qualità del servizio, ciò che in sua assenza richiede grandi impegni di uomini e mezzi, ottenendo notevoli economie sul fronte del risparmio energetico oltre che sul fronte della manutenzione, garantendo contemporaneamente alti livelli di affidabilità. Basta un "click" e ovunque per monitorare costantemente lo stato degli impianti, conoscere in tempo reale il dettaglio dei guasti, decidere con flessibilità come, dove e quando accendere, spegnere o ridurre il flusso luminoso del singolo punto luce. Compatibile con qualsiasi impianto esistente, Maestro è la soluzione ideale per risparmiare energia, ridurre l'inquinamento atmosferico e luminoso, garantire efficienza e qualità del servizio.

Con l'apposita applicazione verranno visualizzate, in formato grafico, sulla mappa del territorio comunale, tutte le informazioni di stato dell'impianto che Maestro registra quotidianamente; navigare sulla mappa della città; ricercare punti luce o quadri selezionati dal menù ad albero; editare la mappa nei contenuti inserendo tutte le informazioni sui punti luce e i quadri; inserire, spostare e rimuovere punti luce e quadri in un'area definita; adattare la risoluzione dell'immagine in base alle dimensioni dello schermo.

Quante volte è capitato di vedere durante il giorno le luci dei lampioni accese? Questo avviene perché nella gestione tradizionale dell'illuminazione, è una fotocellula crepuscolare che decide l'accensione e lo spegnimento delle luci. Spesso però, la fotocellula è sporca o difettosa, provocando accensioni indesiderate e conseguente spreco energetico. Si ovvia a tale inconveniente con l'orologio astronomico. Impostando latitudine, longitudine, fuso orario, valore di crepuscolo civile dell'impianto, tutte le luci si accendono e si spengono simultaneamente all'ora giusta per tutto l'anno, consentendo di risparmiare fino all'8% di energia.

Attraverso la configurazione delle centrali (installate nei quadri elettrici di comando) si permette l'invio contemporaneo fino a tre SMS di emergenza, su tre numeri diversi di cellulare, per conoscere in tempo reale e a qualsiasi ora, cosa sta succedendo all'impianto d'illuminazione, con la possibilità di impostare messaggi personalizzati per le diverse tipologie di emergenze. Inoltre l'installazione del Sistema permette di avere innumerevoli altre applicazioni quali:

Display Informativi: L'alimentazione H24 degli impianti fornita dai dispositivi Maestro già collegati per la telegestione dell'illuminazione, consente di installare display informativi e pubblicitari senza cablaggi aggiuntivi, offrendo la possibilità di personalizzare i messaggi attraverso il software di gestione.

Wi-Fi: Maestro trasforma, utilizzando la comunicazione a banda larga su power line, gli impianti di illuminazione in una rete LAN estesa e i lampioni in nodi di comunicazione su cui poter installare hot-spot WI-FI, per fornire un servizio internet capillare a basso costo infrastrutturale.

Meteo: Attraverso il software dedicato, è possibile visualizzare in tempo reale, il dettaglio di tutti i parametri meteo registrati sul proprio territorio (umidità, vento, temperatura, pressione, fenomeni piovosi, intensità raggi UVA) fornendo così un vero e proprio servizio di previsioni. In questo modo l'operatore può attraverso display informativi o sms, avvisare l'utente finale su particolari condizioni di pericolo (es: ghiaccio, eccessiva intensità del vento, precipitazioni intense).

Ricarica batterie veicoli elettrici: La rete di illuminazione, grazie alla possibilità fornita dalla tecnologia Reverberi di alimentare gli impianti anche durante il giorno, quando le lampade sono spente, diventa una infrastruttura ideale per installare punti di ricarica batterie per mezzi elettrici (biciclette, carrozzelle disabili, automobili).

Videosorveglianza: Utilizzando la comunicazione a banda larga su power line, Maestro permette di installare sul lampione, telecamere IP senza cablaggi aggiuntivi. Con questa soluzione innovativa, l'utente autorizzato, attraverso un semplice browser internet, può con semplicità e comodità telecontrollare la telecamera e monitorare il territorio, ovunque si trovi.

Il sistema sarà corredato da Nodo RF con attacco ZHAGA tipo Reveteci mod. LPR-Z in custodia Lumanwise IP66 o equivalente che sarà installato sull'apposito zoccolo sulla base inferiore di ogni apparecchio di illuminazione (versione IP66) che permetterà la telemisura, telediagnosi e telecontrollo (on/off) del punto luce.

Il presente progetto prevede la fornitura e posa in opera di tutte le componenti attive e passive, la messa in esercizio dell'intero impianto da parte di personale qualificato, la fornitura e licenza d'uso del software di gestione nonché ogni onere ed accessorio per rendere l'impianto perfettamente funzionante e a perfetta regola dell'arte.

Diagnosi Energetica

La diagnosi energetica è un passo fondamentale per una organizzazione, di qualunque dimensione o tipologia, che voglia migliorare la propria efficienza energetica; si tratta di una procedura sistematica, eseguita allo scopo di fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di edifici ad uso civile, attività o impianti industriali e servizi pubblici o privati, atta ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi- benefici e relazionare in merito ai risultati ottenuti.

Le operazioni di rilievo dei dati dell'illuminazione artificiale al fine di rendere possibile l'analisi delle condizioni standard di esercizio e di valutare e calcolare possibili interventi migliorativi sono state effettuate sulla scorta delle informazioni in possesso dell'Amministrazione per gli impianti oggetto di intervento.

La procedura per la stesura della diagnosi energetica essenzialmente viene suddivisa in due fasi distinte:

- 1) Caratterizzazione del sistema di consumo, stesura e calcolo dei modelli energetici, valutazione dei consumi specifici, elaborazione dei bilanci di energia e confronto con tecnologie e dati di riferimento.
- 2) Valutazione preliminare della fattibilità tecnico economica di eventuali interventi di miglioramento finalizzati ad un incremento dell'efficienza energetica dell'impianto.

Gli interventi della seconda fase, in prima analisi, possono essere così classificati:

- Miglioramenti gestionali: nuovi contratti, tarature, eliminazione stand-by, riduzione dei picchi di carico.
- Miglioramenti tecnici per aumentare l'efficienza energetica in sede di utilizzo e produzione al fine di ridurre i consumi energetici: nuove apparecchiature, installazione di convertitori di frequenza, uso di fonti rinnovabili.

Una volta definiti gli interventi da eseguire, si procede alla stesura di un programma di interventi di miglioramento, previa un'accurata progettazione degli stessi a cui dovrà seguire una attenta direzione lavori nonché la stesura di un piano di manutenzione e monitoraggio degli interventi eseguiti per valutarne la validità. Per quanto compatibile la diagnosi farà riferimento al quadro normativo di cui al capitolo che segue.

Quadro Normativo

D.Lgs. 115/08, D.Lgs 102/14 e s.m.i.

Il D.Lgs. 115/08 definisce «diagnosi energetica» (in maniera equivalente, sarà usato anche il termine «audit energetico») una procedura sistematica volta a:

- fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di un'attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati;
- individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici;
- riferire in merito ai risultati.

Successivamente al decreto citato è stato pubblicato sulla G.U. serie generale 165 del 18-07-2014, il decreto legislativo n. 102 del 4 luglio 2014, attuativo della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.

Il decreto è in vigore dal 19 luglio 2014 come Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE ed è stato modificato dal D.Lgs. n. 73 del 14 luglio 2020 che ha introdotto nuovi obblighi.

Il decreto stabilisce un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico definito all'articolo 3 (riduzione, entro l'anno 2020, di 20 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio dei consumi di energia primaria, pari a 15,5 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio di energia finale, conteggiati a partire dal 2010, in coerenza con la Strategia Energetica Nazionale).

Le aziende sia che siano grandi imprese o imprese a forte consumo energetico dovranno dotarsi di una diagnosi energetica secondo il seguente schema:

- Le grandi imprese dovranno eseguire una diagnosi energetica, condotta da società di servizi energetici, esperti in gestione dell'energia o auditor energetici, nei siti produttivi localizzati sul territorio nazionale entro il 5 dicembre 2015 e successivamente ogni 4 anni. Tale obbligo non si applica alle grandi imprese che hanno adottato sistemi di gestione conformi EMAS e alle norme ISO 50001 o EN ISO 14001, a condizione che il sistema di gestione in questione includa un audit energetico.

- Le imprese a forte consumo di energia dovranno eseguire una diagnosi energetica, condotta da società di servizi energetici, esperti in gestione dell'energia o auditor energetici, nei siti produttivi localizzati sul territorio nazionale entro il 5 dicembre 2015 e successivamente ogni 4 anni. Alternativamente le imprese a forte consumo di energia dovranno dotarsi di un sistema di gestione conforme alla norma ISO 50001 (art. 8).

La norma UNI CEI EN 16247

La norma di riferimento per le diagnosi energetiche è la norma UNI CEI EN 16247-1:2022 specifica i criteri relativi a "Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali". La norma si applica a tutte le forme di aziende ed organizzazioni, a tutte le forme di energia e di utilizzo della stessa, con l'esclusione delle singole unità immobiliari residenziali.

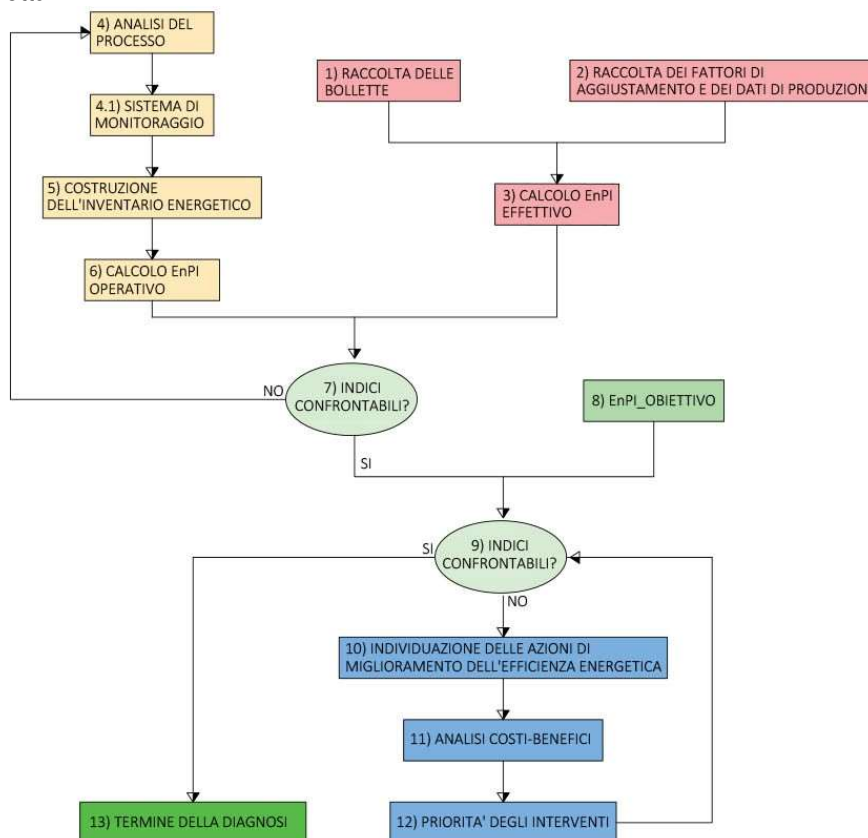
Definisce i requisiti generali comuni a tutte le diagnosi energetiche: in particolare i requisiti per specifiche diagnosi energetiche relative a edifici, processi industriali e trasporti, sono specificati nelle norme specialistiche:

- UNI CEI EN 16247-2:2022 Diagnosi energetiche - Parte 2: Edifici
- UNI CEI EN 16247-3:2022 Diagnosi energetiche - Parte 3: Processi
- UNI CEI EN 16247-4:2022 Diagnosi energetiche - Parte 4: Trasporto

Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica

I requisiti generali del servizio di diagnosi energetica sono riportati nella norma su indicata; in particolare, nell'introduzione, viene ribadita l'importanza della diagnosi energetica ai fini del "miglioramento dell'efficienza energetica, della riduzione dei costi per gli approvvigionamenti energetici; del miglioramento della sostenibilità ambientale nella scelta e nell'utilizzo di tali fonti e dell'eventuale riqualificazione del sistema energetico".

Vengono altresì descritti gli strumenti da utilizzare per il conseguimento di tali obiettivi ("razionalizzazione dei flussi energetici, recupero delle energie disperse, individuazione di tecnologie per il risparmio di energia, ottimizzazione dei contratti di fornitura energetica, gestione dei rischi tecnici ed economici, miglioramento delle modalità di conduzione e manutenzione"). Si riporta lo schema di dettaglio della diagnosi energetica tratto dalla normativa suddetta:



Obiettivo

Lo scopo della presente diagnosi è quello di fornire chiare informazioni sulla struttura energetica del sito in esame, analizzandone il reale comportamento energetico. Tale analisi viene effettuata al fine di individuare le opportunità di risparmio energetico più rilevanti e significative. Verranno perseguiti i seguenti obiettivi:

- Miglioramento dell'efficienza energetica.
- Riduzione dei costi per gli approvvigionamenti energetici.
- Eliminazione degli sprechi.

La presente diagnosi si propone di analizzare in maniera completa lo stato di fatto dell'impianto di illuminazione pubblica del territorio interessato dall'intervento ed i vettori energetici entranti ed il loro utilizzo.

L'audit energetico

Con l'audit energetico verrà presa in esame quindi in analisi la consistenza dell'impianto esistente, tesa ad individuare l'impianto nello stato attuale in termini di affidabilità e qualità del servizio. Questa analisi ha i seguenti principi cardini:

1. Razionalizzare le linee, i quadri elettrici e il posizionamento dei punti luce nei limiti del rispetto di vincoli storici, ambientali, paesaggistici e architettonici;
2. Individuare interventi di risparmio energetico attuabili sulla base di:
 - a. Analisi delle tecnologie efficienti più adatte alla tipologia di impianto;
 - b. Stima dei costi;
 - c. Stima dei risparmi/benefici conseguibili;
3. Elaborare un'ipotesi di progetto di riqualificazione energetica e le relative linee guida per la realizzazione (offerta di intervento).

Ai fini del presente audit energetico, quando si parla di impianto, si fa riferimento all'insieme di tutti i dispositivi atti ad illuminare le aree pubbliche scoperte e alimentate da un unico punto di prelievo dell'energia elettrica (POD). Sono considerati parte di un unico impianto tutti i punti luce collegati, mediante linee di alimentazione, ad un quadro elettrico principale che a sua volta è collegato direttamente con il misuratore di energia elettrica del distributore locale. Analogamente sono considerati parte dello stesso impianto tutti i quadri elettrici secondari, cioè distribuiti lungo le linee di alimentazione con lo scopo di sezionare e controllare parte di un impianto.

Caratterizzazione impianto di pubblica illuminazione

La progettazione esecutiva riporta nel dettaglio anche attraverso l'elaborazione di apposito tabulato, tutte le informazioni che sono alla base della presente relazione e che riguardano a:

- Caratteristiche geometriche dell'impianto (disposizione pali, altezza, interdistanza, sbraccio, ecc.)
- Caratteristiche della strada (larghezza, tipo di manto stradale, categoria illuminotecnica ecc.)
- Caratteristiche dei centri luminosi (tipo e potenza lampada, marca e modello apparecchio)
- Prestazioni illuminotecniche
- Caratteristiche delle linee elettriche e dei quadri
- Consumo di energia elettrica
- Stato manutentivo dei componenti
- Conformità alle norme

Allo stato attuale l'illuminazione pubblica si compone di n. 82 impianti, alimentati da altrettanti quadri elettrici, dislocati in più punti del territorio e da 4.911 punti luce, per una potenza elettrica stimata di circa 385kW.

Le tipologie di lampade presenti sono a scarica ed a stato solido per quegli impianti che sono già stati oggetto di intervento di efficientamento con l'adozione della tecnologia a LED.

La tipologia di corpo illuminante preponderante per la pubblica illuminazione è quello stradale cablato con lampada ai vapori di sodio ad alta pressione 70÷100W di marca AEC Illuminazione avente, come per le altre tipologie che adottano la stessa tecnologia, un indice IPEA* inferiore alla classe B, quest'ultima consentita fino all'anno 2025 compreso ai sensi dell'art. 4.2.3.8 dei CAM di cui al D.M. 27 settembre 2017.

L'impianto di illuminazione pubblica presenta quindi le seguenti anomalie:

- i quadri di alimentazione non sono predisposti per la telegestione degli impianti a tecnologia LED e pertanto necessitano di adeguamenti;
- le armature stradali pur montando lampade a scarica ancora consentite in termini di efficienza, a causa delle perdite dell'ottica risultano con un indice IPEA* non adeguato.

Dal censimento dei punti luce risulta una tipologia dovuta all'evolversi della tecnologia ed all'epoca di intervento.

Ai fini della redazione della presente diagnosi energetica vengono definiti due ambiti, ognuno dei quali sarà interessato dall'installazione di un particolare corpo illuminante:

1. Ambito stradale e/o pedonale
2. Ambito urbano

Riguardo alla tipologia di strade soggette a traffico veicolare sono state rilevate le categorie individuate nello specifico elaborato di calcolo illuminotecnico così come per le tipologie di apparecchi di illuminazione che di seguito si riepilogano:

TIPOLOGIA DI CORPI ILLUMINANTI	50W	70W	100W	150W	250W	400W	kW
Ambito stradale e/o pedonale		1.347	478	39			147,94
Ambito urbano		85					5,95
							153,89

Analisi energetica

I dati del censimento vengono confrontati con informazioni sui consumi storici, dei consumi forniti all'Amministrazione, al fine di valutare se il consumo teorico di energia calcolato sulla base del censimento e dei risultati di audit energetici dell'impianto corrisponde o meno al consumo storico documentato.

L'analisi energetica:

- a) Si è basata su dati operativi relativi al consumo di energia aggiornati, misurati e tracciabili;
- b) Comprende un esame dettagliato del profilo di consumo energetico delle varie parti che compongono l'impianto di illuminazione in relazione alle prestazioni illuminotecniche minime stabilite dall'Amministrazione;
- c) È proporzionato e sufficientemente rappresentativo per consentire di tracciare un quadro fedele della prestazione energetica globale e di individuare in modo affidabile le opportunità di miglioramento più significative.

Alla redazione della presente diagnosi energetica i dati in ingresso sono quelli inferiori fra la valutazione dei consumi dell'anno precedente al netto dell'applicazione gli opportuni correttivi e dei consumi teorici calcolati sulla base della potenza installata, delle ore di funzionamento, delle perdite di impianto e del costo del kWh:

- Potenza installata: 328 kW
- Ore di funzionamento a pieno regime: 1.670
- Ore di funzionamento a regime ridotto: 2.330
- Fattore di rendimento: 0,80÷0,92
- Costo del kWh: 0,37 €

I valori sono pressoché simili, tuttavia occorre considerare che l'intervento non riguarda la totalità degli impianti di pubblica illuminazione cui si riferiscono i consumi energetici precedentemente valutati, ma è al netto dei punti luce già efficientati che hanno anche carattere di promiscuità rispetto ai quadri di alimentazione; ragion per cui i dati di ingresso saranno quelli teorici ed elaborati sulla consistenza di 1.949 punti luce.

Definizione dei KPI (Key Performance Indicator)

Nel caso in esame, gli indicatori prestazionali sono definiti ai paragrafi 4.2.3.8 e 4.3.3.3 del decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare del 27 settembre 2017 pubblicato in G.U. S.G. n. 244 del 18.10.2017 e riguardante "Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.) per l'acquisizione di sorgenti luminose per l'illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per l'illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica"; questi indicatori corrispondono all'indice IPEA* (Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Apparecchio) ed IPEI* (Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Impianto). L'indice IPEA* viene utilizzato per indicare la prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione, mentre l'indice IPEI* viene utilizzato per la valutazione delle prestazioni energetiche degli impianti di illuminazione. Per la definizione degli algoritmi di calcolo, per brevità di esposizione, si rimanda ai corrispondenti paragrafi del già citato decreto.

Si confrontano di seguito la tabella 7 e la tabella 1 che riguardano gli intervalli di classificazione energetica dei due indici:

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA	
Classe energetica apparecchio	IPEA*
An+	$IPEA^* \geq 1,10 + (0,10 \times n)$
A++	$1,30 \leq IPEA^* < 1,40$
A+	$1,20 \leq IPEA^* < 1,30$
A	$1,10 \leq IPEA^* < 1,20$
B	$1,00 \leq IPEA^* < 1,10$
C	$0,85 \leq IPEA^* < 1,00$
D	$0,70 \leq IPEA^* < 0,85$
E	$0,55 \leq IPEA^* < 0,70$
F	$0,40 \leq IPEA^* < 0,55$
G	$IPEA^* < 0,40$

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA	
Classe energetica impianto	IPEI*
An+	$IPEI^* < 0,85 - (0,10 \times n)$
A++	$0,55 \leq IPEI^* < 0,65$
A+	$0,65 \leq IPEI^* < 0,75$
A	$0,75 \leq IPEI^* < 0,85$
B	$0,85 \leq IPEI^* < 1,00$
C	$1,00 \leq IPEI^* < 1,35$
D	$1,35 \leq IPEI^* < 1,75$
E	$1,75 \leq IPEI^* < 2,30$
F	$2,30 \leq IPEI^* < 3,00$
G	$IPEI^* \geq 3,00$

Proposta progettuale

Allo stato attuale, si rende necessario, al fine di ottenere una riduzione dei consumi di energia, un intervento di ammodernamento e riqualificazione dell'impianto di pubblica illuminazione, tale da consentire una riduzione dei costi energetici, un abbattimento delle emissioni di CO₂ e una migliore qualità della luce.

Sarà necessario innanzitutto un intervento di relamping sugli impianti di pubblica illuminazione comunale continuando quanto già fatto di recente con l'adozione della tecnologia LED che allo stato dell'arte si contraddistingue per elevato rendimento, massima efficienza luminosa e massima durata.

Con tale intervento si prevede di generare un risparmio energetico rispetto ai costi energetici finora sostenuti, opportunamente validato attraverso l'analisi TCO (Total Cost Ownership) o analisi del costo del ciclo di vita di cui all'art. 96 del D.Lgs. n. 50/2016.

Oltre al miglioramento della performance energetica si otterrà anche un miglioramento della qualità del servizio ed i principali vantaggi si possono così sintetizzare:

- Ammodernamento tecnologico
- Riduzione dei costi energetici
- Riduzione dei costi di manutenzione
- Miglioramento della qualità della luce
- Regolazione del flusso luminoso
- Limitazione del flusso luminoso verso la volta celeste
- Valorizzazione dei luoghi
- Riduzioni emissioni CO₂

Validato lo stato di fatto dell'impianto rispetto ai consumi effettivi, si può procedere ad effettuare le valutazioni circa i risparmi energetici ottenibili con i vari interventi.

La potenza impegnata è calcolata come sommatoria dei rapporti fra potenza della lampada e rendimento minimo degli alimentatori (Tab. n. 5 par. 4.1.3.5)

Per omogeneità di valutazione, tuttavia, per il calcolo del consumo di riferimento si applica quanto richiesto dal bando in riferimento alla Azione 4.1.3 e cioè:

$$\text{consumo di rif.} = \frac{P_{tot} * 1,12 * 4200}{0,94}$$

Parimenti il consumo della nuova configurazione effettiva degli impianti è calcolato con la sommatoria degli ambiti omogenei con la seguente formula:

$$\text{consumo conf. eff.} = \frac{P_{nom} * h_{nom} * 1,12}{IPEA} + \frac{P_{ridi1} * h_{ridi1} * 1,12}{IPEAi1} + \dots + \frac{P_{ridin} * h_{ridin} * 1,12}{IPEAin}$$

Le ipotesi considerate riguardano la sostituzione di tutti i corpi illuminanti a scarica con corpi illuminanti a LED e l'installazione di un sistema di controllo punto-punto che permette la telegestione e la telediagnosi direttamente da PC remoto attraverso segnale GSM.

I dati di ingresso per la definizione dei corpi illuminanti all'interno di ogni singolo ambito sono i seguenti:

Tipologia ambito	Largh. strada	Num. corsie	Tipo asfalto	q0	Cat.illum. di prog.	Disp. appar.	Sporg. PL	Interd. mt	Altezza mt	Tilt°	MF
Stradale 4K – 01	4,5	2	R3	0,07	M5	Dx	0	26	6,3	0	0,80
Stradale 4K – 02	4,2	2	R3	0,07	M5	Dx	-0,5	31	7	0	0,80
Stradale 4K – 03	5	2	R3	0,07	M4	Dx	0	30	7	0	0,80
Stradale 4K – 04	6,3	2	R3	0,07	M4	Dx	0	22	7	0	0,80
Stradale 4K – 05	5,8	2	R3	0,07	M4	Dx	-0,7	29	7	0	0,80
Stradale 4K – 06	5,4	2	R3	0,07	M4	Dx	-1,9	29	8	0	0,80
Stradale 4K – 07	6,3	2	R3	0,07	C3	Dx	0	24	7	0	0,80
Stradale 4K – 08	5	2	R3	0,07	C3	Sx	-0,5	32	8	0	0,80
Stradale 4K – 09	7,5	2	R3	0,07	M3	Dx	1,5	33	8	0	0,80
Stradale 4K – 10	6,3	2	R3	0,07	M5	Sx	-3,5	25	8	0	0,80
Stradale 4K – 11	6,5	2	R3	0,07	M3	Sx	0,5	35	8	0	0,80
Stradale 4K – 12	7,8	2	R3	0,07	M3	Dx	0,2	34	8	0	0,80
Stradale 3K – 01	4,1	2	R3	0,07	M4	Dx	0,5	26	7	0	0,80
Stradale 3K – 02	4,5	2	R3	0,07	M4	Sx	1,5	29	7	0	0,80
Stradale 3K – 03	6,1	2	R3	0,07	M4	Sx	-0,5	24,5	8	0	0,80
Stradale 3K – 04	6,	2	R3	0,07	M4	Sx	1	32	8	0	0,80
Stradale 3K – 05	5,5	2	R3	0,07	M3	Dx	0,5	32	8	0	0,80
Arredo 3K – 01	6,	2	R3	0,07	C3	Dx	0,5	24	6,5	0	0,80
Arredo 3K – 02	10,5	2	R3	0,07	C3	Dx	1	17	6	0	0,80
Arredo 3K – 03	3	2	R3	0,07	C3	Dx	0	17	5	0	0,80
Arredo 3K – 04	7	2	R3	0,07	C3	Dx	0	24	6,5	0	0,80
Arredo 3K – 05	16	2	R3	0,07	P1	Cx	0,5	12	4,8	0	0,80
Arredo 3K – 06	14	2	R3	0,07	P2	Cx	0	13	5,5	0	0,80
Arredo 4K – 01	6	2	R3	0,07	C3	Dx	0	22	6	0	0,80
Arredo 4K – 02	14	2	R3	0,07	P2	Cx	0	13	5,5	0	0,80

La parte dell'impianto oggetto di intervento vede una potenza di lampade installata di 153,89 kW (escluso le perdite degli accessori elettrici), considerando il numero di accensione annue riportate nel bando (4.200 per l'utilizzo del solo crepuscolare), una perdita ($P_{d\%}$) del 12%, ed un indice IPEA di riferimento pari a 0,94, si ottiene un consumo annuo dell'impianto di:

$$E_{ante} = (P_{a,tot} * P_{d\%} * h) / IPEA_{rif} = (153,89 * 1,12 * 4.200) / 0,94 = 770.104,85 \text{ kWh}$$

La nuova configurazione di impianto è la seguente:

Tipologia ambito	Tipologia apparecchio	Nr. PL.	Ottica	IPEA	Pot.W P.L.	regolazione zona omog.	Ore	K	Consumo configuraz.effettiva
------------------	-----------------------	---------	--------	------	------------	------------------------	-----	---	------------------------------

Stradale 4K-01	I-TRON ZERO	23	STU-M 7040.100-1M	2,015	19,1	100%	1.670	1,12	407,78
						70%	2.530	1,12	432,44
Stradale 4K-02	I-TRON ZERO	51	STU-M 7040.140-1M	1,983	26,8	100%	1.670	1,12	1.289,19
						70%	2.530	1,12	1.367,16
Stradale 4K-03	I-TRON ZERO	562	STU-M 7040.085-2M	2,058	31,8	100%	1.670	1,12	16.242,49
						70%	2.530	1,12	17.224,82
Stradale 4K-04	I-TRON ZERO	70	S05 7040.100-2M	2,011	37,4	100%	1.670	1,12	2.434,96
						70%	2.530	1,12	2.582,23
Stradale 4K-05	I-TRON ZERO	173	STU-M 7040.100-2M	2,058	37,4	100%	1.670	1,12	5.880,40
						70%	2.530	1,12	6.236,04
Stradale 4K-06	I-TRON ZERO	232	STU-M 7040.080-3M	2,097	44,0	100%	1.670	1,12	9.104,93
						70%	2.530	1,12	9.655,59
Stradale 4K-07	I-TRON ZERO	109	S05 7040.090-3M	2,058	49,3	100%	1.670	1,12	4.883,85
						70%	2.530	1,12	5.179,22
Stradale 4K-08	I-TRON ZERO	44	STU-M 7040.090-2M	2,106	49,3	100%	1.670	1,12	1.926,53
						70%	2.530	1,12	2.043,04
Stradale 4K-09	I-TRON ZERO	76	STU-M 7040.140-2M	2,017	52,3	100%	1.670	1,12	3.685,90
						70%	2.530	1,12	3.908,82
Stradale 4K-10	I-TRON ZERO	21	S05 7040.100-3M	2,057	54,8	100%	1.670	1,12	1.046,41
						70%	2.530	1,12	1.109,69
Stradale 4K-11	I-TRON ZERO	17	STU-M 7040.100-3M	2,105	54,8	100%	1.670	1,12	827,77
						70%	2.530	1,12	877,84
Stradale 4K-12	I-TRON ZERO	21	STU-M 7040.140-3M	2,001	76,7	100%	1.670	1,12	1.505,57
						70%	2.530	1,12	1.596,63
Stradale 3K-01	I-TRON ZERO	192	STU-M 7030.140-1M	1,866	26,8	100%	1.670	1,12	5.157,73
						70%	2.530	1,12	5.469,67
Stradale 3K-02	I-TRON ZERO	76	STU-M 7030.085-2M	1,933	31,8	100%	1.670	1,12	2.338,53
						70%	2.530	1,12	2.479,96
Stradale 3K-03	I-TRON ZERO	34	S05 7030.100-3M	1,936	49,3	100%	1.670	1,12	1.619,40
						70%	2.530	1,12	1.717,34
Stradale 3K-04	I-TRON ZERO	65	STU-M 7030.100-2M	1,934	37,4	100%	1.670	1,12	2.351,06
						70%	2.530	1,12	2.493,25
Stradale 3K-05	I-TRON ZERO	65	STU-M 7030.140-2M	1,896	52,3	100%	1.670	1,12	3.353,60
						70%	2.530	1,12	3.556,42
Arredo 3K-01	REVELAMPE	10	STW 3.5-3M	1,997	57,0	100%	1.670	1,12	533,86
						70%	2.530	1,12	566,15
Arredo 3K-02	REVELAMPE	10	S05 3.5-4M	1,906	57,0	100%	1.670	1,12	559,35
						70%	2.530	1,12	593,18
Arredo 3K-03	REVELAMPE	18	STE-M 3.7-1M	1,774	28,0	100%	1.670	1,12	531,39
						70%	2.530	1,12	563,53
Arredo 3K-04	REVELAMPE	6	STU-M 3.5-4M	1,906	57,0	100%	1.670	1,12	335,61
						70%	2.530	1,12	355,91
Arredo 3K-05	STORY	32	S05 3.25-4M	1,497	28,5	100%	1.670	1,12	1.139,48
						70%	2.530	1,12	1.208,40
Arredo 3K-06	ARYA	10	S 3.30-2M	1,998	30,5	100%	1.670	1,12	285,52
						70%	2.530	1,12	302,79
Arredo 4K-01	ARYA	12	S03 4.40-2M	1,616	40,5	100%	1.670	1,12	562,51
						70%	2.530	1,12	596,53
Arredo 4K-02	ARYA	19	S 4.30-2M	1,631	30,5	100%	1.670	1,12	664,56
						70%	2.530	1,12	704,75

I consumi post operam per ambito, come indicato nella tabella precedente, sono stati calcolati come segue:

$$E_{post, ambito} = [P_{i,tot} * P_{d\%} * h_{full} + (\sum_i P_{i,tot} * Rid_{i\%}) * P_{d\%} * h_{par}] / IPEA_{post}$$

- h_{full} = ore di funzionamento impianto al 100% del flusso luminoso
- h_{par} = ore di funzionamento impianto a flusso luminoso ridotto
- $P_{i,tot}$ = potenza installata totale post operam

- $P_{d\%}$ = coefficiente moltiplicativo (K) relativo all'efficienza dei sistemi di alimentazione degli apparecchi luminosi
- $Rid_{i\%}$ = percentuale di riduzione del flusso luminoso nell'ambito i-esimo
- IPEA = indice di prestazione energetica dell'apparecchio previsto in progetto

Il consumo totale post operam è pari a 141.489,78 kWh/anno

La riduzione complessiva dei consumi è pari a 628.615,07 kWh/anno (circa 82% dei consumi ex ante), con un risparmio economico R_a di 232.587,58 €/anno (considerando il costo dell'energia già menzionato).

Il rapporto tra potenziale di risparmio energetico per unità di investimento ammissibile (kWh/1000€) è determinato come segue:

$$V_3 = \frac{\text{consumo di rif. (kWh)} - \text{consumo conf. eff. (kWh)}}{\text{contributo richiesto espresso in } \frac{\text{€}}{1000}} * 100$$

Il costo dell'intervento C_{tot} pari a € 3.000.000,00 risulta pari al contributo richiesto e l'indice V_3 pari a **20.953,84 kWh/1000€**.

Gli indicatori economici collegati alla presente ipotesi progettuale risultano essere:

- PP (Payback Period) = anni 15 e mesi 2
- VAN (Valore Attuale Netto) calcolato su un tempo di durata dell'impianto di 25 anni ad un tasso di attualizzazione (WACC) del 5% = € 2.411.221,15
- TIR (Tasso Interno di rendimento) = 5,17

Il valore positivo del VAN unitamente ad un TIR superiore al WACC indicano un investimento conveniente con possibilità di sottoscrivere mutui ad un tasso pari o inferiore al TIR.

Inoltre l'accesso a fonti di finanziamento pubbliche che coprano l'intera spesa rendono il progetto estremamente conveniente.

Verifica dei KPI

IPEA

Gli apparecchi illuminanti scelti garantiscono un indice IPEA* 1,497÷2,106, sempre appartenenti alla classe An+ di cui al punto 4.2.3.8 del DM 27 settembre 2017.

IPEI

Il progetto considera tre ambiti come già menzionato nella parte di calcolo del consumo della configurazione effettiva

Ambito	Apparecchio	Categ. Illumin.	P_{app} (W/km)	E_i lux	MF_i	A_i L*km	Luxmq	D_p	$D_{p.R}$	IPEI
Stradale 4K-01	I-TRON ZERO	M5	735	8,84	0,80	4 500	39 780	0,018	0,043	0,430
Stradale 4K-02	I-TRON ZERO	M5	865	9,26	0,80	4 200	38 892	0,022	0,043	0,517
Stradale 4K-03	I-TRON ZERO	M4	1060	11,70	0,80	5 000	58 500	0,018	0,042	0,431
Stradale 4K-04	I-TRON ZERO	M4	1700	12,50	0,80	6 300	78 750	0,022	0,042	0,514
Stradale 4K-05	I-TRON ZERO	M4	1290	12,70	0,80	5 800	73 660	0,018	0,042	0,417
Stradale 4K-06	I-TRON ZERO	M4	1512	12,80	0,80	5 400	69 120	0,022	0,042	0,521
Stradale 4K-06	I-TRON ZERO	C3	2055	15,40	0,80	6.300	97.020	0,021	0,034	0,623
Stradale 4K-08	I-TRON ZERO	C3	1541	15,20	0,80	5 000	76 000	0,020	0,034	0,596
Stradale 4K-09	I-TRON ZERO	M3	1743	4,80	0,80	7 500	36 000	0,048	0,040	1,210
Stradale 4K-10	I-TRON ZERO	M5	2193	12,90	0,80	6 300	81 270	0,027	0,043	0,628
Stradale 4K-11	I-TRON ZERO	M3	1566	15,40	0,80	6 500	100 100	0,016	0,040	0,391

Stradale 4K-12	I-TRON ZERO	M3	2256	19,80	0,80	7 800	154 440	0,015	0,040	0,365
Stradale 3K-01	I-TRON ZERO	M4	1031	10,90	0,80	4 100	44 690	0,023	0,042	0,549
Stradale 3K-02	I-TRON ZERO	M4	1096	11,90	0,80	4 500	53 550	0,020	0,042	0,487
Stradale 3K-03	I-TRON ZERO	M4	2013	12,50	0,80	6 100	76 250	0,026	0,042	0,629
Stradale 3K-04	I-TRON ZERO	M4	1169	10,90	0,80	6 000	65 400	0,018	0,042	0,426
Stradale 3K-05	I-TRON ZERO	M3	1634	15,00	0,80	5 500	82 500	0,020	0,040	0,495
Arredo 3K-01	REVELAMPE	P1 (C3)	2375	20,00	0,80	6 000	120 000	0,020	0,048	0,412
Arredo 3K-02	REVELAMPE	P1 (C3)	3353	18,10	0,80	10 500	190 050	0,018	0,048	0,368
Arredo 3K-03	REVELAMPE	P1 (C3)	1647	18,50	0,80	3 000	55 500	0,030	0,048	0,618
Arredo 3K-04	REVELAMPE	P1 (C3)	2375	19,00	0,80	7 000	133 000	0,018	0,048	0,372
Arredo 3K-05	STORY	P1 (C3)	2375	18,50	0,80	16 000	296 000	0,008	0,048	0,167
Arredo 3K-06	ARYA	C4 (P2)	2337	13,90	0,80	14 000	194 600	0,012	0,039	0,308
Arredo 4K-01	ARYA	C3 (P1)	1841	16,10	0,80	6 000	96 600	0,019	0,037	0,515
Arredo 4K-02	ARYA	C4 (P2)	2337	14,20	0,80	14 000	198 800	0,012	0,039	0,301

Il valore medio ponderato dell'IPEI risulta essere 0,42, appartenente alla classe An+ di cui al punto 4.3.3.3 del DM 27 settembre 2017:

