



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

illuminazione pubblica



UFFICIO
COORDINAMENTO
TRASVERSALE E
PROJECT FINANCING

REVISIONE	DESCR. REVISIONE	APPROVATO DA	REDATTO DA	SCALA	DATA
00	EMISSIONE	A. BATTISTINI	G. FORNACIARI		26.02.2026
TITOLO PROGETTO			NOME DOCUMENTO		
CONCESSIONE PLURIENNALE DEL SERVIZIO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE COMUNALE, DEL SERVIZIO SEMAFORICO E DEL SERVIZIO LUMINARIE			RELAZIONE TECNICA		
PROGETTISTA			LEGALE RAPPRESENTANTE		
A. BATTISTINI			A. BATTISTINI AMMINISTRATORE DELEGATO		
COMUNE					CIG
COMUNE DI LODI (LO)					NUMERO ELABORATO PF.RT
TIPO DOCUMENTO					NUMERO DI FOGLIO
ELABORATO DESCRITTIVO					-

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. ANALISI URBANISTICA E TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO	1
2.1 ASPETTI GEOLOGICI.....	1
2.2 MOBILITÀ E TRAFFICO	2
2.3 ANALISI E VALUTAZIONI AMBIENTALI	2
2.3.1 VINCOLI, PAESAGGIO E ASPETTI ARCHEOLOGICI.....	2
2.3.2 ASPETTI ANTINCENDIO E ACUSTICI	5
2.3.3 SICUREZZA E TUTELA SALUTE LAVORATORI	5
2.3.4 MANUTENZIONE E MONITORAGGIO	5
2.3.5 ESPROPRI	5
2.4 CENSIMENTO DELLE INTERFERENZE.....	5
2.4.1 LINEE ELETTRICHE.....	6
2.4.2 RETE DISTRIBUZIONE GAS	6
2.4.3 RETE IDRICHE	6
2.4.4 RETE FOGNARIE	7
2.4.5 VICINANZA AD ALTRI SOTTOSERVIZI	7
2.4.6 ORDIGNI BELLICI.....	8
2.5 ASPETTI ARCHITETTONICI DELL'INTERVENTO.....	8
2.6 ASPETTI STRUTTURALI	8
3. ANALISI ILLUMINOTECNICA.....	9
3.1 ZONE DI STUDIO.....	10
3.2 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA IN INGRESSO	10
3.3 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO.....	11
1.1. LIVELLI DI ILLUMINAZIONE	13
3.4 TRATTI TIPO E CALCOLI ILLUMINOTECNICI.....	14
3.4.1 CARATTERIZZAZIONE DEGLI ASFALTI	14
3.4.2 COEFFICIENTE DI MANUTENZIONE	15
3.4.3 SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO	17
3.4.4 INDICAZIONI PARTICOLARI PER GLI ATTRAVERSAMENTI PEDONALI.....	17
4. ASPETTI IMPIANTISTICI.....	18
4.1 MINIMIZZAZIONE DEL RISCHIO FOTOBIOLOGICO COMPATIBILE CON LA FUNZIONE DEI CORPI ILLUMINANTI	18
4.2 VANTAGGI CONNESSI CON L'IMPIEGO DEI LED	20
4.3 INDICI PARAMETRIZZATI DI EFFICIENZA: IPEA* E IPEI*	20
4.4 CALCOLO DELL'INDICE PARAMETRIZZATO DI EFFICIENZA DELL'APPARECCHIO: IPEA*	21
4.4.1 VALORE IPEA* DEGLI IMPIANTI PROPOSTI	24
4.5 CALCOLO DELL'INDICE PARAMETRIZZATO DI EFFICIENZA DELL'IMPIANTO: IPEI*	24
4.5.1 VALORE IPEI* DEGLI IMPIANTI PROPOSTI	27

5.	ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI E DEI RISPARMI CONSEGUIBILI.....	28
5.1.1	DESCRIZIONE TECNICA DI SINTESI DEGLI INTERVENTI PER L'OTTENIMENTO DEL RISPARMIO ENERGETICO.....	28
5.1.2	RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO.....	29
5.1.3	ORE ACCENSIONE DEGLI IMPIANTI.....	30
5.1.4	CURVE DI REGOLAZIONE PROPOSTE.....	30
5.1.5	RISPARMI ENERGETICI OTTENIBILI ESPRESSI IN KWH/ANNO	31
5.1.6	RISPARMI ENERGETICI OTTENIBILI ESPRESSI IN TEP/ANNO	32
5.1.7	RISPARMI OTTENIBILI IN TERMINI DI EMISSIONI DI CO2	33
6.	SISTEMA DI REGOLAZIONE E TELECONTROLLO PROPOSTO PER OGNI QUADRO ELETTRICO.....	34
6.1.1	ARCHITETTURA DEL SISTEMA E VANTAGGI.....	34
6.1.2	SOFTWARE.....	35
6.1.3	HARDWARE	36
7.	INDICI PRESTAZIONALI PRE INTERVENTO	38
8.	INDICI PRESTAZIONALI POST INTERVENTO	43

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica riferita al progetto di fattibilità tecnico economica descrive le specifiche tecniche delle tecnologie adottate per il progetto da realizzare, ai sensi dell'art. 8 dell'allegato I.7 del D.Lgs. 36 del 31/03/2023 e contiene:

- aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, idrologici, idraulici, geotecnici e sismici;
- mobilità e traffico, per quanto pertinente;
- sintesi delle analisi e delle valutazioni ambientali;
- vincoli che insistono sull'area d'intervento e sull'intorno;
- aspetti paesaggistici;
- aspetti archeologici;
- censimento delle interferenze esistenti ed eventuali ipotesi di risoluzione se pertinenti;
- piano di gestione delle materie;
- bonifica ordigni bellici, se necessario;
- aspetti architettonici e funzionali dell'intervento;
- aspetti strutturali;
- aspetti impiantistici;
- sicurezza antincendio;
- misure di sicurezza finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei lavoratori nei cantieri;
- misure di manutenzione e di monitoraggio geotecnico e strutturale ove per quanto pertinente;
- espropri, ove necessari.

2. ANALISI URBANISTICA E TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

La presente relazione tecnica descrive gli elementi tecnici relativi e le scelte progettuali riguardanti la proposta per la riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune di Lodi.

Le trattazioni di seguito riportate permetteranno di inquadrare al meglio le scelte progettuali e le caratteristiche tecniche degli elementi considerati proposta, la quale consiste in un intervento di adeguamento normativo ed efficientamento energetico degli impianti di Pubblica Illuminazione del Comune di Lodi e successiva gestione e manutenzione degli stessi.

2.1 ASPETTI GEOLOGICI

Il **Comune di Lodi** è situato nel cuore della Pianura Padana, in una posizione pianeggiante caratterizzata da depositi alluvionali recenti, originati dall'attività dei fiumi Adda e Po. Il territorio è prevalentemente costituito da terreni argillosi, limosi e sabbiosi, tipici delle aree di origine fluviale e glaciale che hanno modellato la pianura lombarda. Questa conformazione geologica rende il suolo particolarmente fertile, storicamente vocato all'agricoltura e all'allevamento, ma richiede anche un'attenta gestione idrogeologica data la presenza di numerose rogge e canali artificiali che caratterizzano il paesaggio.

Lodi è attraversata dal fiume Adda, un elemento idrografico di primaria importanza che influenza sia il microclima locale sia la rete di infrastrutture. La città è un nodo strategico nella rete stradale e ferroviaria lombarda. È facilmente raggiungibile tramite l'**Autostrada A1 Milano-Napoli**, che la collega direttamente a Milano (a circa 30 km a nord-ovest) e Piacenza (a circa 30 km a sud-est), e la **Strada Statale 9 Via Emilia**, un'antica arteria di comunicazione che attraversa la città. Questa posizione la rende un importante centro per il pendolarismo lavorativo e commerciale, con intensi flussi di traffico, soprattutto nelle ore di punta.

Lodi è anche un punto di riferimento per la mobilità ferroviaria, essendo sulla linea Milano-Bologna, con collegamenti frequenti verso le principali città del nord Italia. Gli aeroporti di riferimento sono quelli di Milano Linate (a circa 25 km) e Milano Orio al Serio (a circa 50 km).

La città funge da centro di gravitazione per il commercio, i servizi e le strutture scolastiche per un vasto bacino d'utenza circostante, attirando pendolari non solo per motivi di lavoro, ma anche per l'accesso ai servizi burocratico-amministrativi e sanitari. Nonostante la sua autonomia, Lodi gravita nell'orbita metropolitana di Milano, con la quale intrattiene stretti legami economici e culturali.

L'area è compresa in **Zona sismica 3**, cioè zona con pericolosità sismica bassa che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

Vengono riepilogati di seguito i dati geografici più significativi per la riqualifica dell'impianto:

DATI GEOGRAFICI E AMBIENTALI	
Superficie	41,38 km ²
Abitanti (fonte ISTAT 2023)	45.349
Altitudine	87 m s.l.m.
Zona sismica	3
Zona climatica	E

Tabella 1

2.2 MOBILITÀ E TRAFFICO

Le aree oggetto dell'intervento si trovano al centro di un contesto urbanizzato interessato da vie di traffico prettamente locale.

Durante lo svolgimento dei lavori di realizzazione degli interventi, tuttavia, non si ritiene opportuno modificare temporaneamente la viabilità esistente con interruzioni provvisorie, ma esclusivamente attraverso limitazioni della carreggiata stradale, al fine di assicurare la corretta esecuzione degli interventi in progetto in assoluta sicurezza, così come definito nel Piano di Sicurezza e Coordinamento.

2.3 ANALISI E VALUTAZIONI AMBIENTALI

Per la verifica degli aspetti ambientali è prioritario fare riferimento alla cartografia urbanistica comunale, che ha il compito di recepire anche gli eventuali vincoli sovraordinati provenienti da Provincia e Regione.

2.3.1 VINCOLI, PAESAGGIO E ASPETTI ARCHEOLOGICI

L'analisi vincolistica è stata effettuata consultando gli strumenti programmatori e urbanistici comunale, con un particolare focus sulle aree oggetto di intervento.

Il territorio comunale di Lodi risulta interessato da una pluralità di vincoli di natura paesaggistica, ambientale, idraulica e infrastrutturale, che comportano il necessario coinvolgimento di diversi enti competenti per il rilascio delle autorizzazioni e dei nulla osta previsti dalla normativa vigente. Tali vincoli, in alcuni casi, si estendono all'intero territorio comunale, determinando obblighi trasversali per tutti gli interventi edilizi e infrastrutturali. In particolare, si evidenziano i seguenti vincoli:

- **Vincoli paesaggistici e culturali:** ai sensi del D.Lgs. 42/2004, risultano presenti vincoli paesaggistici diretti e indiretti, nonché tutele su immobili e aree di interesse storico e culturale. Le relative aree sono individuate nella Tavola PdR 5.3 del Piano di Governo del Territorio (PGT) e comportano la necessità di ottenere autorizzazione paesaggistica ai sensi dell'art. 146 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio. L'ente competente per l'istruttoria è la **Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Cremona, Lodi e Mantova**.
- **Vincoli ambientali e antropici:** come indicato nella Tavola DdP 2 del PGT, il territorio comunale è interessato da vincoli conformativi derivanti dalla presenza di fasce di rispetto stradale, ferroviaria, cimiteriale, elettrodotti e reti tecnologiche, nonché da vincoli ricognitivi legati a contesti storici e ambientali. Gli interventi ricadenti in tali fasce richiedono specifici pareri o autorizzazioni da parte degli enti gestori e della Regione.
- **Vincolo idrogeologico e rischio idraulico:** parte del territorio comunale è soggetta a vincolo idrogeologico e ricade in aree classificate a rischio idraulico dal Piano di Assetto



Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po. In particolare, le fasce fluviali lungo il fiume Adda e i principali corsi d'acqua minori sono soggette a limitazioni e necessitano di autorizzazione idraulica per qualsiasi trasformazione del suolo.

- **Vincolo sismico:** il Comune di Lodi è classificato in **zona sismica 3**, che prevede l'obbligo di applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) e, per determinati interventi, il deposito o l'autorizzazione del progetto strutturale presso il Genio Civile.
- **Vincolo ambientale – Parco Adda Sud:** una porzione del territorio comunale ricade all'interno dell'area protetta del Parco Regionale Adda Sud, istituito con L.R. 81/1983 e disciplinato da apposito Piano Territoriale di Coordinamento. Gli interventi ricadenti in tale area devono rispettare le norme del piano e ottenere preventivo nulla osta dell'ente gestore del Parco.
- **Zonizzazione acustica:** tutto il territorio comunale è inoltre classificato secondo la zonizzazione acustica comunale, che stabilisce limiti specifici di emissione e immissione sonora a seconda della destinazione d'uso delle aree (residenziale, mista, produttiva, ecc.).

Si sottolinea, che sul territorio Comunale di Lodi **non è presente il vincolo relativo alle zone di protezione della Rete Natura 2000**, principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

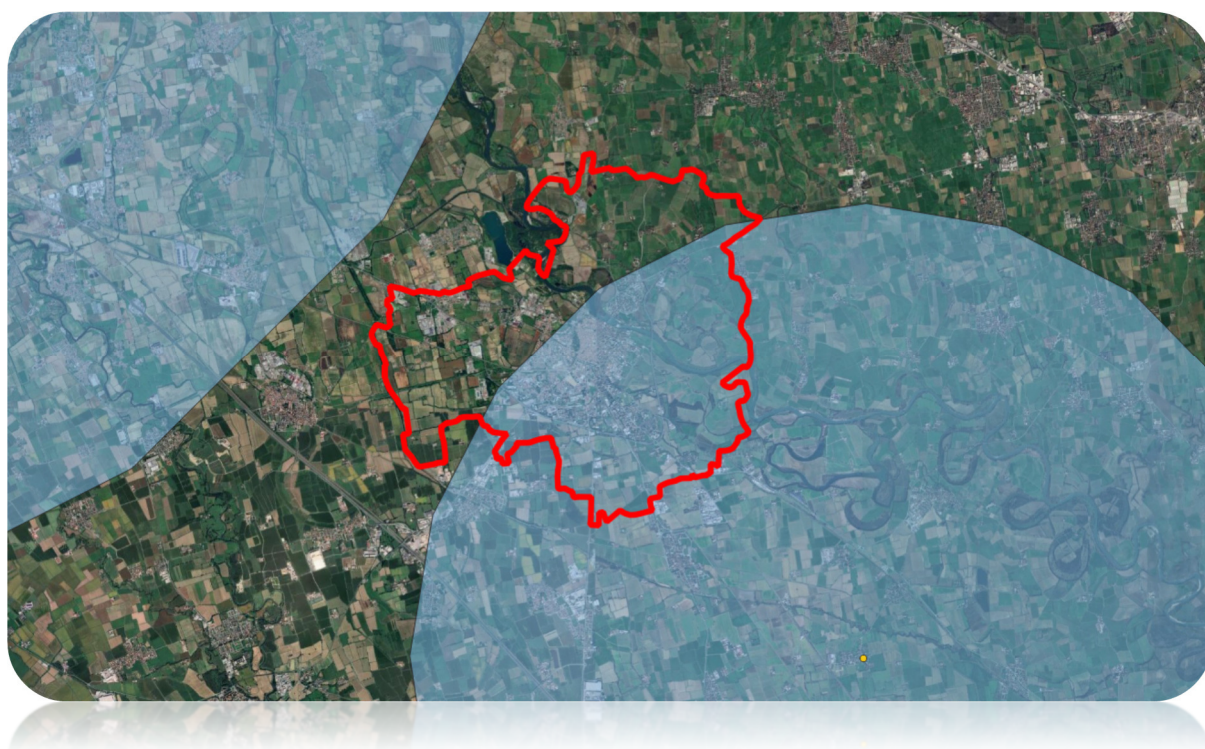


Per quanto riguarda il contenimento dell'inquinamento luminoso è un aspetto che riveste da anni grande importanza nella valutazione degli interventi da effettuare sugli impianti di pubblica illuminazione, al punto tale da essere stato normato sia a livello nazionale, che a livello regionale. Esso è regolato, infatti, dal D.M. 27 settembre 2017 "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" (di seguito CAM apparecchi) e dal D.M. 23/03/2018 "Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento da parte della Pubblica Amministrazione del servizio di illuminazione pubblica" (di seguito CAM servizi), a livello nazionale e a livello regionale L.R. N. 31 del 5 ottobre 2015 "Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso". Oltre alle aree stesse, sono definite zone di particolare tutela e protezione le aree di raggio pari a 20 chilometri dagli osservatori professionali, pari a 10 chilometri dagli osservatori non professionali di

rilevanza regionale e provinciale e pari a 2 chilometri dai siti osservativi riconosciuti; sono considerate zone di particolare protezione dall'inquinamento luminoso anche le aree coincidenti con i confini delle aree naturali tutelate. In particolare, per queste aree la legge prevede che:

- entro quattro anni dall'entrata in vigore della legge tutti gli apparecchi illuminanti altamente inquinanti già esistenti, tipo globi luminosi, fari, torri faro, ottiche aperte, insegne luminose debbano essere schermati o comunque dotati di idonei dispositivi in grado di contenere e dirigere a terra il flusso luminoso. L'intensità luminosa non dovrà comunque eccedere le 15 cd per 1000 lumen a 90° e oltre;
- tutti gli apparecchi non rispondenti alle norme della legge, già esistenti alla data di entrata in vigore della stessa, debbano essere comunque adattati o sostituiti entro sei anni dall'entrata in vigore della legge.

Dall'analisi della documentazione analizzata risulta che il territorio comunale di Lodi ricade in parte all'interno della fascia di rispetto dell'**Osservatorio Astronomico del Lodigiano**.



Alla luce di quanto sopra, ogni intervento progettuale nel territorio comunale di Lodi deve essere verificato caso per caso con riferimento a tali vincoli e sottoposto, se necessario, ai procedimenti autorizzativi previsti dalla normativa di settore. **Tali verifiche verranno puntualmente approfondite e documentate in fase esecutiva, al fine di garantire la piena conformità progettuale alle prescrizioni vigenti.**

In conclusione, il progetto proposto non altera in alcun modo le componenti ambientali e paesaggistiche e rispetta i requisiti dettati da tutte le normative di settore.

Per ulteriori dettagli si rimanda all'elaborato grafico *"PF.RIA - Relazione di verifica preventiva interesse archeologico"*.

2.3.2 ASPETTI ANTINCENDIO E ACUSTICI

Dal punto di vista antincendio e acustico gli interventi non risultano tra le attività soggette a prevenzione incendi e a valutazione di impatto acustico.

2.3.3 SICUREZZA E TUTELA SALUTE LAVORATORI

Per quanto riguarda la sicurezza e tutela della salute dei lavoratori durante il cantiere si rimanda all'apposito elaborato descrittivo "PF.PSC - Piano di Sicurezza e Coordinamento", che prende in considerazione le diverse fasi del cantiere ed i relativi rischi, nonché i tempi ed i costi della manodopera.

2.3.4 MANUTENZIONE E MONITORAGGIO

Per quanto riguarda le fasi successive all'attività di cantiere, e cioè le fasi di gestione dell'impianto stesso si fa riferimento alle indicazioni riportate nell'elaborato descrittivo "PF.PMO – Piano preliminare di manutenzione dell'opera e delle sue parti".

2.3.5 ESPROPRI

Trattandosi di interventi di riqualificazione energetica gli interventi previsti sono circoscritti alle zone servite dall'illuminazione pubblica e, pertanto, essendo aree pubbliche non sono previsti interventi di esproprio.

2.4 CENSIMENTO DELLE INTERFERENZE

Di seguito vengono riportate le procedure e le prassi che saranno osservate per la gestione di eventuali interferenze che dovessero essere riscontrate in sede di esecuzione delle lavorazioni previste. Si precisa che l'intervento interesserà territorio già urbanizzato e antropizzato con lavorazioni di modesta entità che comportano l'adeguamento dell'impianto esistente.

In particolare, nel contesto della realizzazione delle nuove linee interrato e interrimento di linee aeree esistenti che comprendono anche le opere di scavo, è necessario tenere in considerazione le possibili interferenze con i sotto-servizi già presenti sul territorio (ad es. reti elettriche, acqua, gas, fognatura, ecc.).

In fase esecutiva occorrerà coordinare le opere di interrimento con tutti i gestori dei sottoservizi presenti, in modo da rispettare le distanze minime e le prescrizioni previste dalle normative e dai singoli operatori.

Tutti i nuovi cavidotti saranno intervallati da pozzetti rompi-tratta e di derivazione, posti in corrispondenza di ciascun "punto-luce". La derivazione terminale proveniente dai pozzetti sarà realizzata con tubazione in PVC corrugato serie pesante a doppia parete Ø 63mm, avente resistenza allo schiacciamento pari a 750N. All'interno del pozzetto di ispezione, bisogna prevedere la presenza di dispersore di terra, solo in caso di impianti in Classe I.

Gli interventi di progetto riguarderanno la rete di pubblica illuminazione urbana costituita sia da linee interrate che aeree con fune guida e in particolare la sostituzione dei singoli corpi illuminanti e talvolta dei loro sostegni, oltre al prolungamento della rete stessa in alcuni tratti stradali. Le interferenze riscontrabili nella fase di realizzazione dei lavori possono essere ricondotte a:

- Interferenze aeree: le linee elettriche, linee telefoniche e reti del gas;
- Interferenze superficiali: i canali, la viabilità pedonale e carrabile, le infrastrutture pubbliche e private, la rete ferroviaria;
- Interferenze interrate: reti di sottoservizi, fognature, acquedotti, distribuzione del gas, linee elettriche a media e bassa tensione e linee telefoniche.

Le interferenze che devono essere maggiormente attenzionate sono dovute alla presenza di sottoservizi (fognatura nera e bianca, distribuzione di acqua potabile e del gas, elettricità e rete telefonica) che possono intercettare la dislocazione delle nuove tratte di pubblica illuminazione da realizzare.

Il paragrafo contiene una disamina puntuale delle interferenze dirette o indirette, avvicinamento e contatto con le reti suddette, e le azioni necessarie per effettuare le lavorazioni garantendo la continuità dei servizi alla popolazione e la sicurezza dei lavoratori e dei terzi esterni al cantiere.

2.4.1 LINEE ELETTRICHE

Nel caso di presenza di linee elettriche aeree in tensione nei pressi delle zone di lavorazione, saranno adottate idonee precauzioni atte ad evitare possibili contatti diretti o indiretti o danneggiamento delle stesse. Non saranno, in via generale, eseguiti lavori né saranno utilizzati apparecchi mobili a distanza minore di cinque metri da tali linee. Nell'impossibilità di rispettare tale limite si provvederà, prima dell'inizio dei lavori, a mettere in atto adeguate protezioni atte ad evitare accidentali contatti o pericolosi avvicinamenti ai conduttori delle linee stesse quali:

- barriere di protezione per evitare contatti laterali con le linee;
- sbarramenti sul terreno;
- portali limitatori di altezza per il passaggio sotto la linea dei mezzi d'opera;
- ripari in materiale isolante quali cappellotti per isolatori e guaine per i conduttori.

Nel caso di cavi elettrici in tensione interrati o in cunicolo, il percorso e la profondità delle linee saranno rilevati o segnalati in superficie ove interessino direttamente la zona di lavoro e saranno fornite precise informazioni che coinvolgano gli addetti e tutti i fornitori al fine di evitare possibili contatti diretti od indiretti con elementi in tensione, nonché l'esecuzione di scavi o la semplice infissione di elementi nel terreno in prossimità dei cavi stessi.

Nel caso di lavori di scavo che intercettino necessariamente linee elettriche interrate in tensione si procederà con cautela e si provvederà a mettere in atto sistemi di sostegno e protezione provvisori al fine di evitare pericolosi avvicinamenti e/o danneggiamenti alle linee stesse durante l'esecuzione dei lavori; si dovrà procedere, preferibilmente, a disattivare le linee fino al termine di esecuzione delle lavorazioni.

2.4.2 RETE DISTRIBUZIONE GAS

Nel caso in cui sia riscontrata la presenza di elementi della rete di distribuzione del gas che possano interferire con le operazioni di scavo, saranno avvertiti tempestivamente i fornitori, al fine di concordare le misure essenziali di sicurezza da adottare prima dell'inizio e durante lo sviluppo dei lavori. In particolare, sarà preventivamente rilevato e segnalato in superficie il percorso e la profondità degli elementi e sarà definita la modalità di esecuzione dei lavori in modo da evitare l'insorgere di situazioni pericolose sia per i lavoratori che per l'esercizio delle reti.

In presenza di tubazioni interferenti, si procederà con cautela, limitando vibrazioni e scuotimenti del terreno e per strati successivi, evitando affondi che provochino il franamento del contorno. Quando tali lavori interferiscano direttamente con le reti sarà necessario mettere a nudo le tubazioni procedendo manualmente fino alla messa in sicurezza della tubazione interessata. Qualora non sia possibile disattivare il tratto di rete interessato sarà attivato un sistema di comunicazione diretto ed immediato con il gestore.

Durante l'esecuzione dei lavori si verificherà, anche strumentalmente, l'eventuale presenza di fughe di gas. Nel caso si verifichino fughe di gas si procederà a sospendere immediatamente i lavori e ad allontanare i lavoratori dalla zona di pericolo, oltre a comunicare a tutti i soggetti interessati, in modo che si intervenga con urgenza.

2.4.3 RETE IDRICHE

Nel caso di operazioni di scavo si dovrà accertare la presenza di reti di distribuzione di acqua potabile e sarà rilevato e segnalato in superficie il percorso e la profondità.

Nel caso di lavori di scavo, che possono interferire o attraversare le reti suddette, saranno previsti sistemi di protezione e di sostegno delle tubazioni, al fine di evitare il danneggiamento ed i rischi che ne derivano.

In presenza di reti di acqua che interferiscano con i lavori di scavo si procederà con cautela, limitando le azioni di disturbo al contorno delle reti medesime (vibrazioni, scuotimenti, franamenti, etc.). Qualora i lavori interferiscano direttamente con le suddette reti saranno messe a nudo ed in sicurezza le tubazioni, procedendo manualmente, ed organizzando, nel caso di necessità, la pronta interruzione dell'alimentazione al tratto di rete interessata dai lavori.

Nel caso di rottura delle condutture di acqua sarà contattato immediatamente il gestore per poter sospendere l'erogazione e per gli interventi del caso. Nel contempo si provvederà all'allontanamento dei lavoratori dagli scavi ed attivare, laddove fosse necessario, i mezzi di aggrottamento.

2.4.4 RETE FOGNARIE

Nel caso di operazioni di scavo sarà accertata la presenza di reti fognarie sia attive che non più utilizzate. Se tali reti interferiscono con le attività di cantiere saranno rilevati e segnalati in superficie, il percorso e la profondità. La presenza di tali reti costituisce sempre una variabile importante rispetto alla consistenza e stabilità delle pareti di scavo sia per la presenza di terreni di reinterro, sia per la possibile formazione di improvvisi vuoti nel terreno (tipici nel caso di vetuste fognature dismesse), che per la presenza di possibili infiltrazioni dovute a fessurazione o cedimento delle pareti qualora limitrofe ai lavori di sterro.

Nei lavori di scavo da eseguire in prossimità di reti fognarie si procederà con cautela; le pareti di scavo e le armature in corrispondenza di tali reti saranno tenute sotto controllo. Quando la distanza tra lo scavo aperto e la rete fognaria preesistente non consenta di garantire la stabilità della interposta parete si metterà a nudo la condotta e la si proteggerà contro i danneggiamenti. In presenza di incidenti che possano provocare la rottura della rete fognaria e conseguente fuoriuscita dei liquami sarà necessario sospendere i lavori ed allontanare i lavoratori dalla zona interessata. Successivamente si provvederà, previa segnalazione al gestore, a mettere in atto sistemi per il contenimento dei liquami e per la rimozione dei medesimi dalle zone di lavoro. Completati gli interventi di riparazione della rete fognaria si procederà a bonificare il sito prima di riprendere le attività.

2.4.5 VICINANZA AD ALTRI SOTTOSERVIZI

I cavidotti utilizzati per la posa di condutture elettriche non devono essere posati in prossimità di sottoservizi che producono calore, fumi o vapori che potrebbero essere dannosi per le condutture stesse, a meno che non siano protette da tali effetti dannosi.

Devono essere disposti in modo che qualsiasi operazione che si preveda debba venire effettuata su una condotta non rischi di causare danni alle altre. Questo si può ottenere mediante un adeguato distanziamento tra le condutture oppure con l'uso di schermature meccaniche. Nella posa dei tubi è necessario osservare le distanze minime indicate dalla legislazione vigente rispetto alle tubazioni o condotti di altri sottoservizi quali ad esempio acquedotti, tubazioni gas, tele-comunicazioni, cisterne, depositi carburanti, linee MT, strade, ferrovie ecc.

Di seguito vengono fornite indicazioni di massima da ritenersi non esaustive per tutti i casi, che dovranno trovare precise indicazioni da parte della D.L.

Da linee elettriche in cavo di MT:

I cavidotti devono distare almeno 0.3 m

Da fognatura:

I cavidotti devono distare almeno 0.3 m

Da cavidotti telefonici:

Se i cavi per l'energia elettrica e di telecomunicazione sono posati entro tubazioni/condotti, non sono richieste particolari distanze di rispetto e protezione.

Tubazioni metalliche diverse dai gasdotti (rete acquedotto)

Nei parallelismi, la distanza in pianta tra tubazioni metalliche diverse dal gas e i cavidotti deve essere almeno di 0,3 metri.

Anche per gli incroci la distanza deve essere almeno di 0,3 metri.

Qualora tale distanza non possa essere rispettata, può essere ridotta se nell'incrocio viene interposto un elemento separatore non metallico, ad esempio una lastra di calcestruzzo.

Tubazioni rete gas

La specie di una condotta del metano non è riconoscibile a vista, occorre pertanto chiedere informazioni alla società di distribuzione che gestisce l'impianto.

In genere, nei centri abitati le condotte del metano sono a pressione inferiore a 5 bar e possono quindi essere di 4a, 5a, 6a, 7a specie. Le distanze non devono essere inferiori a quanto stabilito da normative di settore. Sarà necessario, inoltre, seguire le disposizioni che di volta in volta vengono fornite dalla D.L.

La distanza di sicurezza negli incroci tra linee elettriche in cunicoli, polifore e tubazioni del metano di 4a, 5a, 6a, 7a specie non deve essere inferiore a quanto stabilito da normative di settore.

Nel caso non sia possibile rispettare le distanze di sicurezza previste negli incroci, è necessario che la condotta del metano sia collocata entro un tubo di protezione.

2.4.6 ORDIGNI BELLICI

Dalle verifiche storico-documentali effettuate l'area in oggetto non risulta riportata tra le zone oggetto di particolari interventi bellici di bombardamento nel periodo delle guerre mondiali.

Per l'analisi di dettaglio di questo aspetto si rimanda all'elaborato descrittivo "*PF.PSC - PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO*" ed in particolare al capitolo che tratta la VALUTAZIONE RISCHIO BELLICO, dove è stata effettuata una dettagliata ricerca delle ragioni che escludono il suddetto rischio.

2.5 ASPETTI ARCHITETTONICI DELL'INTERVENTO

Il presente progetto prevede interventi di illuminazione architettuale, al fine di mettere in evidenza i dettagli costruttivi degli edifici storici presenti, esaltandone l'importanza e la valenza artistica.

Si tratta di interventi volti a valorizzare i beni monumentali, non solo con lo scopo di evidenziare i particolari architettonici, ma di incrementare anche la fruibilità e la percezione di sicurezza nelle aree antistante gli edifici stessi.

Sono state elaborate proposte progettuali tali da conciliare la valorizzazione dell'edificio illuminato, attraverso l'utilizzo di luci scenografiche, evitando di snaturare l'immagine dell'oggetto e delle proprie caratteristiche storiche e artistiche. Si è data particolare importanza ai contrasti di luci e ombre e a far risaltare le tinte dell'edificio.

Il fine di questi interventi non è solo quello di garantire la valorizzazione storico-monumentale degli edifici, ma altresì quello di realizzare un'illuminazione razionale ed efficiente, senza sprechi di luce e di energia.

2.6 ASPETTI STRUTTURALI

Gli unici interventi strutturali che riguardano l'intervento in oggetto sono la sostituzione e la ripiombatura dei sostegni, il rifacimento del plinto di fondazione.

Per quanto riguarda la sostituzione dei sostegni, il processo prevede in primo luogo la rimozione del palo dal plinto esistente, e successivamente, se necessario, la realizzazione del nuovo plinto gettato in opera dopo aver proceduto allo scavo di sezione idonea. Dopodiché si procederà con il posizionamento del letto di sabbia per la preparazione della posa del plinto di fondazione e successivo getto in opera o posizionamento di plinto prefabbricato per conseguente alloggiamento del palo di illuminazione pubblica. Una volta posizionato il palo all'interno del plinto precedentemente posato si procede con la realizzazione del getto di completamento alla base del palo e collegamento alla dorsale di alimentazione elettrica.

Per ulteriori dettagli si rimanda all'elaborato grafico "*PF.PC - TAVOLA DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI*" e all'elaborato descrittivo "*PF.DDP - DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE*".

3. ANALISI ILLUMINOTECNICA

Dal punto di vista illuminotecnico, un buon impianto deve assicurare il giusto equilibrio tra due esigenze contrapposte: garantire prestazioni adeguate all'ambito considerato (per mantenere la sicurezza degli utenti della strada) e contenere al minimo i costi di gestione.

Si rende pertanto necessario effettuare sul territorio un'analisi dei rischi "illuminotecnica", che consenta di classificare gli ambiti illuminati e individuare per ognuno di essi il livello di illuminazione necessario alla sicurezza dell'utente della strada, sulla base del quale costruire gli interventi.

L'analisi dei rischi e la classificazione illuminotecnica sono state elaborate quindi anche per il Comune di Lodi nel pieno rispetto delle prescrizioni contenute nelle norme, leggi e regolamenti di riferimento e di seguito riportate:

- Codice della Strada D.Lgs. 285/1992, DPR 495/92 aggiornato con D.Lgs. 150/2011 e Legge 183/2011;
- UNI 11248:2016 "Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche"
- UNI EN 13201-2:2016 "Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali";
- UNI EN 13201-3:2016 "Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo Prestazioni";
- UNI EN 13201-4:2016 "Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di Misurazione delle Prestazioni Fotometriche".

Si riporta a lato uno schema esemplificativo del flusso di lavoro definito dalla norma UNI 11248 per la progettazione illuminotecnica

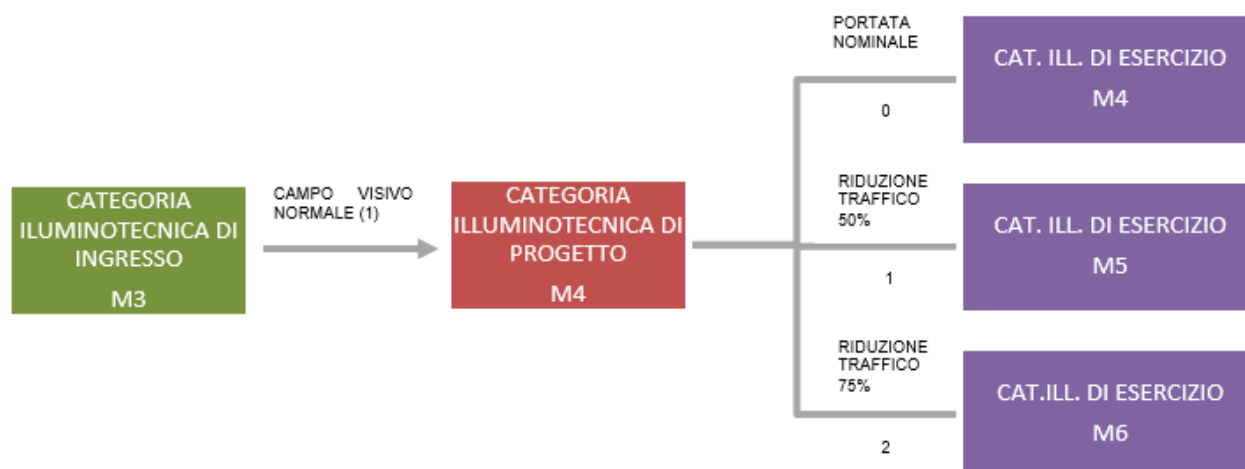


Nel dettaglio, il Codice della Strada suddivide tutte le strade in macro-categorie dalla A alla F-bis in relazione alle caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali. A queste la Norma UNI 11248, considerando anche i limiti di velocità, associa **le categorie illuminotecniche di ingresso per la classificazione**. Su queste viene effettuata **un'analisi dei rischi**, con i criteri dettati nella succitata norma, che tiene conto del traffico stradale, della complessità del campo visivo (es. presenza di eventuali sorgenti luminose diverse da quelle derivanti dall'illuminazione pubblica come negozi o cartelloni pubblicitari, dalla presenza di alberi, ecc.), delle zone di conflitto (es. attraversamenti pedonali, zone pedonali, ecc.), del pericolo di aggressione e in generale di tutti i fattori che possono influenzare l'illuminazione della strada, definendo la categoria illuminotecnica di progetto. Alla categoria illuminotecnica di progetto corrispondono i valori minimi o massimi di alcuni parametri che definiscono il livello di illuminazione, come la luminanza o l'illuminamento, l'uniformità, l'abbagliamento. La norma UNI 11248 stabilisce poi che la **categoria di progetto** possa essere ulteriormente modificata in alcuni periodi giornalieri di accensione dell'impianto, in funzione di parametri variabili nel tempo che influiscono sull'illuminazione necessaria (come ad es. il livello di traffico).

La classificazione illuminotecnica che deriva da queste valutazioni viene definita di **esercizio**. Il rispetto dei valori minimi e massimi dei parametri di illuminazione indicati dalla normativa da parte degli impianti di illuminazione progettati viene accertato dall'esecuzione dei calcoli illuminotecnici.

3.1 ZONE DI STUDIO

Di norma, la strada è costituita da più zone di studio in base alla sua geometria e per ognuna si selezionerà una categoria illuminotecnica in ingresso, una di progetto ed una o più categorie di esercizio.



3.2 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA IN INGRESSO

La categoria illuminotecnica di ingresso per l'elaborazione dell'analisi dei rischi si determina considerando esclusivamente la classificazione della strada, che deve essere fornita dal committente o dal proprietario/gestore della strada. Si procederà quindi a:

- suddividere la strada in zone di studio con condizioni omogenee;
- identificare il tipo di strada (classe stradale) per ogni zona mediante il PUT o, in sua assenza, con le indicazioni contenute nel D.M. 6792 del 05-11-2001;
- definire la categoria illuminotecnica in ingresso con l'ausilio del prospetto 1 del paragrafo 7 della norma UNI 11248, sotto riportato.

TIPO DI STRADA	DESCRIZIONE DEL TIPO DI STRADA	LIMITE DI VELOCITÀ (KM H)	CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO PER L'ANALISI DEI RISCHI
A1	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A2	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 - 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	70 - 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	70 - 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4

TIPO DI STRADA	DESCRIZIONE DEL TIPO DI STRADA	LIMITE DI VELOCITÀ (KM H)	CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO PER L'ANALISI DEI RISCHI
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/ P2
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/ P2
	Strade locali interzonali	50	M3
		30	C4/ P2
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	

Tabella 2

- 1) Secondo il DM 5-11-201, n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti e successive integrazioni e modifiche.
- 2) Per strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile a questa (prospetto 6).
- 3) Vedere punto 6.3.
- 4) Secondo la Legge 1° agosto 2003 numero 214" conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche caso di indicazione multipla, la categoria dovrà essere scelta attraverso l'analisi dei rischi.

Nel caso specifico del Comune di Lodi la classificazione in ingresso è stata dedotta mediante l'analisi puntuale degli strumenti urbanistici attivi e da studi approfonditi riguardanti la consistenza infrastrutturale ed urbanistica del territorio comunale.

3.3 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO

La definizione della categoria illuminotecnica di progetto avviene modificando la categoria illuminotecnica in ingresso in base ai parametri di influenza non variabili nel tempo considerati nell'analisi dei rischi.

Quest'ultima, in particolare, può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

- sopralluogo con l'obiettivo di valutare lo stato esistente e determinare una gerarchia tra i parametri di influenza rilevanti per le strade esaminate;
- individuazione dei parametri decisionali e delle procedure gestionali richieste da eventuali leggi e norme e da esigenze specifiche;
- studio dei fattori di rischio attraverso l'analisi degli eventi potenzialmente pericolosi. Questa analisi potrà basarsi, se presenti, su dati statistici rilevanti come la frequenza degli incidenti pregressi e il rapporto fra incidenti diurni e notturni;
- definizione di una gerarchia dei rischi rilevati e della possibile variazione degli stessi durante il tempo.

Al fine di determinare la categoria illuminotecnica di progetto si applicheranno riduzione o aumento della categoria illuminotecnica, così come definito nella tabella seguente:

**POSSIBILE VARIAZIONE DI CATEGORIA ILLUMINOTECNICA IN RELAZIONE AL REALE LIVELLO DEI
PARAMETRI DI INFLUENZA**

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto ^{1) 2)}	1
Segnaletica cospicua ³⁾ nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Pericolo di aggressione non segnalato	1
Flusso del traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso del traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia del traffico	1

- 1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse
2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità
3) Riferimenti in CIE 137 [14]

Tabella 3

A differenza dei progetti redatti in assenza di un PRIC (Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale), dove la classificazione illuminotecnica di progetto si basa spesso su un declassamento standard (massimo una categoria) in base all'analisi dei rischi, nel caso del Comune di Lodi si è potuto adottare un approccio più strutturato e consapevole grazie alla presenza di un PRIC ufficialmente adottato.

Per ciascun ambito stradale, la **classificazione di ingresso** è stata assunta da quanto indicato nel PRIC. Tuttavia, tale classificazione non è stata applicata in modo meccanico, ma è stata oggetto di un'**analisi critica** in funzione delle reali esigenze del territorio, secondo quanto previsto dalla UNI 11248. A tal fine sono stati valutati i **parametri di rischio** (traffico veicolare, presenza di incroci, pedoni e ciclisti, illuminazione naturale, caratteristiche geometriche delle strade, ecc.), attribuendo il valore massimo (1) ai fattori considerati critici, al fine di garantire il corretto dimensionamento illuminotecnico.

Tale approccio ha permesso di proporre un progetto non solo conforme ai riferimenti pianificatori comunali, ma **migliorativo in termini di sicurezza, comfort visivo e rispondenza alle reali condizioni di utilizzo del suolo pubblico**, in pieno rispetto dei principi di sostenibilità e dei Criteri Ambientali Minimi (CAM).

In virtù di questa metodologia rigorosa e innovativa, il nostro progetto potrà porsi come una nuova linea guida per la futura redazione o aggiornamento del PRIC del Comune di Lodi, fornendo un modello di eccellenza per la pianificazione illuminotecnica.

1.1. LIVELLI DI ILLUMINAZIONE

Le tabelle sottostanti, come da UNI EN 13201-2, riportano i parametri di riferimento per le principali categorie illuminotecniche, stradali e non.

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AMBITO STRADALE				
Classe	Luminanza minima Mantenuta Lm (cd/mq)	Uniformità minima		Valore Max indice abbagliamento debilitante fTi (%)
		U _o (*)	U _l (**)	
M1	2,0	0,40	0,70	10
M2	1,5	0,40	0,70	10
M3	1,0	0,40	0,60	15
M4	0,75	0,40	0,60	15
M5	0,5	0,35	0,40	15
M6	0,3	0,35	0,40	20

Tabella 4

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN ZONE DI CONFLITTO (ES. ROTATORIE, SOTTOPASSI, LE STRADE COMMERCIALI, ECC.)		
Classe	Illuminamento medio orizzontale (lux) (minimo)	Uniformità U _o (minimo)
C0	50	0,4
C1	30	0,4
C2	20	0,4
C3	15	0,4
C4	10	0,4
C5	7.5	0,4

Tabella 5

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AREE CON PRESENZA DI PEDONI (ES. PARCHEGGI A RASO, MARCIAPIEDI O PISTE CICLABILI, ECC.)		
Classe	Illuminamento medio orizzontale (lux)	Illuminamento minimo orizzontale (lux)
P1	15	3
P2	10	2
P3	7.5	1.5
P4	5	1
P5	3	0,6
P6	2	0,4
P7	Non determinato	

Tabella 6



3.4 TRATTI TIPO E CALCOLI ILLUMINOTECNICI

I calcoli illuminotecnici vengono svolti sulla base dell'individuazione del tratto tipo, unione di zona omogenea e tipologia di apparecchiatura da installare, allo scopo di verificare il rispetto dei parametri minimi richiesti dalla Norma UNI EN 13201 – 2 per le categorie illuminotecniche di progetto dell'ambito considerato. I tratti tipo sono tipologie omogenee di ambito stradale, che vengono individuate suddividendo il territorio comunale a seconda:

- della destinazione d'uso dell'ambito: se stradale, ciclabile/pedonale, incrocio/rotonda o parcheggio;
- della geometria dell'ambito: definendo la larghezza, rispettivamente, di strade, piste ciclabili, banchine transitabili o non, parcheggi, marciapiedi, aree verdi;
- del tipo di apparecchi illuminanti presenti nell'ambito: se stradali, arredi urbani, arredi artistici, sfere;
- della posizione della sorgente rispetto al bordo della carreggiata: considerando l'altezza fuori terra del sostegno e la distanza tra baricentro dell'apparecchio e bordo dell'ambito considerato;
- della posizione relativa tra i vari punti luce: considerando l'inter-distanza e la disposizione nell'ambito (unilineare, bilineare, quinconce, doppio centro, ...);
- della classificazione illuminotecnica di progetto o di esercizio, a seconda della tipologia di calcoli illuminotecnici che si stanno eseguendo.

I calcoli illuminotecnici permettono di individuare la potenza minima necessaria al rispetto dei parametri stabiliti dalla normativa nel tratto tipo considerato, permettendo la massimizzazione delle prestazioni energetiche. Al fine di effettuare tali calcoli, come da normativa, è necessario stabilire il **tipo di pavimentazione** di ogni tratto tipo (a cui corrisponderanno diversi coefficienti medi di luminanza Q_0) e il coefficiente di manutenzione. I calcoli illuminotecnici effettuati per tipologia di tratto tipo sono raccolti nel documento *"PF.CI – CALCOLI ILLUMINOTECNICI"*. Ogni singolo calcolo illuminotecnico riporta l'indice IPEI e si allegano inoltre gli indici IPEA per ogni singolo apparecchio. Per una rapida consultazione dei risultati ottenuti, si rimanda ai documenti tabellari *"PF.CI – CALCOLI ILLUMINOTECNICI"* e *"PF.CP.SDP – TABELLA INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E MESSA A NORMA: PUNTI LUCE"*.

Tutti le zone omogenee, sia per quanto riguarda le carreggiate che le zone attigue, raggiungono durante il regime di riduzione requisiti di illuminamento minimo richiesto da dalla Norma UNI EN 13201 – 2. Inoltre i valori di illuminamento e luminanza **non superano di 1,20 volte il limite per la categoria illuminotecnica prevista dall'analisi dei rischi, con i vantaggi e migliorie descritte nei precedenti capitoli.**



Il progetto si distingue per la precisione dei calcoli illuminotecnici, frutto di un'attenta analisi e suddivisione dei punti luce in specifiche zone omogenee. Questo approccio permette di ottimizzare le potenze installate, garantendo non solo un'illuminazione efficace e mirata, ma anche un alto livello di sicurezza per l'intera area.

3.4.1 CARATTERIZZAZIONE DEGLI ASFALTI

Il coefficiente medio di luminanza Q_0 da utilizzare nei calcoli illuminotecnici dipende dal tipo di pavimentazione del tratto tipo e dovrebbe essere valutato durante la fase di rilievo, effettuando misurazioni in loco con strumentazioni in grado di caratterizzare le pavimentazioni. Data l'incertezza della misurazione tuttavia, l'Offerente si è avvalso dell'utilizzo del prospetto B.1 della norma UNI 11248:2016 il quale, in relazione alla categoria di asfalto rilevata, fornisce il coefficiente da utilizzare nei calcoli illuminotecnici. In particolare, le pavimentazioni stradali sono suddivisibili nelle classi C1 o C2, rispettivamente calcestruzzo o asfalto a cui corrispondono i seguenti valori di Q_0 :

CLASSE	RIPARTIZIONE DEL COEFF. RIDOTTO DI LUMINANZA	COEFF. MEDIO DI LUMINANZA	FATTORE DI SPECULARITÀ	GAMMA DEL FATTORE DI SPECULARITÀ
C1	Vedere Tabella norma UNI 11248	0,10	0,24	$S1 \leq 0,4$

CLASSE	RIPARTIZIONE DEL COEFF. RIDOTTO DI LUMINANZA	COEFF. MEDIO DI LUMINANZA	FATTORE DI SPECULARITÀ	GAMMA DEL FATTORE DI SPECULARITÀ
C2	Vedere Tabella norma UNI 11248	0,07	0,97	S1 > 0,4

Tabella 7

Tali coefficienti sono “normalizzati”, derivati cioè da studi e pubblicazioni internazionali e mediati attraverso coefficienti peggiorativi, in modo da assicurare i requisiti di sicurezza e comfort visivo alla base della normativa del settore. La scelta di avvalersi del prospetto normativo è perciò rafforzata dal fatto che i valori misurati, oltre a essere incerti, non garantirebbero opportuni margini di sicurezza sui risultati ottenuti.

3.4.2 COEFFICIENTE DI MANUTENZIONE

Per lo sviluppo dell'intero progetto è stato previsto l'utilizzo di apparecchi illuminati led dotati di riflettore in alluminio e vetro di protezione, in grado di garantire perdite inferiori al 20% del flusso iniziale oltre le 100.000 ore di funzionamento e che consentono un fattore di manutenzione elevato; in ogni caso si è provveduto ad effettuare puntuali verifiche secondo quanto indicato nel Rapporto Tecnico CIE 154:2003 “The maintenance of outdoor lighting system”. Sulla base del piano di manutenzione è possibile definire un coefficiente di manutenzione (MF) dell'apparecchio illuminante considerato, da adottare in sede di calcolo illuminotecnico, secondo quanto definito dalla CIE 154:2003 “The maintenance of outdoor lighting systems” e viceversa, sulla base del coefficiente di manutenzione adottato in sede di calcolo, va definito un piano di manutenzione adeguato. Il coefficiente di manutenzione è dato dal valore più basso del rapporto fra illuminamento medio (o luminanza media) dopo un certo periodo di tempo t di uso dell'impianto e l'illuminamento medio (o luminanza media) quando l'impianto è nuovo:

$$MF = \min_{0 < t < \infty} (MF(t)) = \min_{0 < t < \infty} \left(\frac{E(t)}{E_0} \right)$$

La prestazione peggiore possibile dell'impianto sarà quindi pari alla prestazione iniziale moltiplicata per il coefficiente di manutenzione:

$$E_{min} = E_0 \cdot MF$$

Nei calcoli illuminotecnici vengono riportati pertanto i valori iniziali decurtati di questo coefficiente – e pertanto è possibile dimostrare che durante la vita dell'impianto i valori reali riscontrabili sul campo saranno sempre superiori a quelli minimi previsti.

Il coefficiente di manutenzione MF (o f_M) adottato per la redazione dei calcoli è stato valutato dal progettista sulla base del documento tecnico CIE 154:2003 e della metodologia applicativa per lo stesso descritta all'interno del documento tecnico ISO CIE TS 22012:2019.

Il **fattore di manutenzione MF** adottato per la redazione dei calcoli è stato valutato come da metodologia descritta nel rapporto tecnico **CIE 154:2003**, secondo il quale il fattore di manutenzione deriva dal prodotto dei seguenti fattori:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF$$

Dove:

LLMF: Lamp Lumen Maintenance Factor rappresenta il fattore che indica la riduzione del flusso luminoso emesso dalla lampada durante il suo normale utilizzo. I valori di tale fattore sono determinati sulla base dei dati L90 dei LED applicando la metodologia del TM-21 declinati nel funzionamento degli apparecchi.

LSF: Lamp Survival Factor rappresenta la probabilità che le lampade continuino a funzionare dopo un certo periodo di tempo.

LMF: Lumen Maintenance Factor rappresenta il coefficiente di riduzione del flusso emesso dall'apparecchio in funzione delle condizioni ambientali di utilizzo e agli intervalli di tempo tra due successivi interventi di manutenzione.



Fissato il valore di **LLMF =1,00 grazie all'utilizzo del C.L.O.**, nella formula del calcolo del coefficiente di manutenzione le variabili che concorreranno alla sua determinazione saranno:

- **LSF** tiene conto mortalità della lampada
- **LMF** tiene conto delle condizioni ambientali

Ipotizzando che nel caso di lampade fuori servizio queste vengano prontamente sostituite si ottiene **LSF = 1**

A questo punto il coefficiente di manutenzione dipenderà solamente dalle condizioni ambientali in cui l'apparecchio di illuminazione è inserito. Dal momento che gli apparecchi presentano IP>6X e considerando intervalli di pulizia con cadenza annuale i valori di riferimento in funzione del grado di inquinamento dell'ambiente esterno sono individuati in "arancione" nella tabella di seguito riportata.

GRADO DI PROTEZIONE IP	INQUINAMENTO	CICLO DI PULIZIA (ANNI)				
		1	1.5	2.0	2.5	3.0
IP2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Basso	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Basso	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Basso	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

Tabella 8

Il coefficiente di manutenzione risultante sarà:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF = 1 \times 1 \times (\text{valore legato al parametro all'inquinamento ambientale})$$

In base alle considerazioni fatte in merito all'altissima di vita dei LED (maggiore di 100.000 h) e alla possibilità di intensificare gli interventi di pulizia in sede di manutenzione ordinaria degli impianti, (1 anno) il coefficiente di manutenzione assume i seguenti valori.

- Zone molto inquinate
MF = LLMF x LSF x LMF = 1,00 x 1,00 x 0,91 = 0,91
- Zone mediamente inquinate
MF = LLMF x LSF x LMF = 1,00 x 1,00 x 0,92 = 0,92
- Zone poco inquinate
MF = LLMF x LSF x LMF = 1,00 x 1,00 x 0,93 = 0,93

Come deducibile da quanto sopra esposto, anche ipotizzando un valore di inquinamento alto, il coefficiente di manutenzione da adottare (considerando cicli di pulizia annuali) risulterebbe non inferiore a 0,91. **Onde evitare pericolose sovrastime del flusso realmente uscente dagli apparecchi nel tempo, a scopo cautelativo seppur la tecnologia adottata possa permettere coefficienti maggiori, la Proponente per tutti i calcoli illuminotecnici utilizzerà un coefficiente di manutenzione pari a 0,85.**

3.4.3 SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO

L'impiego di adeguati strumenti informatici è stato pertanto fondamentale nella messa a punto della presente proposta progettuale: gli interventi sono stati ideati, dimensionati e verificati con il supporto di un software di calcolo dedicato. **L'adeguatezza degli apparecchi di illuminazione rispetto agli effetti luminosi desiderati è stata pertanto verificata attraverso calcoli illuminotecnici.** I calcoli illuminotecnici sono stati eseguiti con programmi certificati, utilizzando i dati descritti nei paragrafi precedenti.

Il software utilizzato ha permesso di verificare l'adeguatezza degli impianti in progetto rispetto alla Normativa UNI vigente in tema di prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione pubblica. I software utilizzati (OxyTech LITESTAR 4D e Dialux), sono programmi largamente impiegati nella progettazione illuminotecnica di esterni ed interni e realizzati specificatamente anche per la verifica illuminotecnica secondo la Normativa UNI EN 13201-2.

La complessità del compito visivo è stata valutata tramite il controllo delle luminanze prodotte dalle sorgenti primarie di luce, dalle superfici presenti in ambiente e dei loro contrasti. Una non corretta distribuzione delle luminanze o eccessivi contrasti determinerebbero disturbi visivi che, in illuminotecnica, vengono definiti **abbagliamenti, che per la sicurezza degli utenti devono essere assolutamente evitati.**

3.4.4 INDICAZIONI PARTICOLARI PER GLI ATTRAVERSAMENTI PEDONALI

Gli attraversamenti pedonali sono stati valutati (se presente illuminazione appositamente dedicata) come zone di studio indipendenti, così come previsto anche dall'Art. 6.5 della Norma UNI 11248:2016.

Per gli attraversamenti pedonali sprovvisti di impianto di illuminazione dedicato, la categoria illuminotecnica di progetto è stata identificata nei documenti posti del progetto di fattibilità posto a base di gara, seguendo quanto riportato nell'Art. 9.7 e nel Prospetto 6 della Norma UNI 11248:2016, che prevede l'utilizzo di categorie illuminotecniche comparabili per le zone di studio contigue, come riportato nella tabella seguente:

CATEGORIA ILLUMINOTECNICA COMPARABILE (PROSPETTO 6 UNI 11248:2016)						
Categoria illuminotecnica di progetto della strada	M1	M2	M3	M4	M5	M6
categoria illuminotecnica di progetto dell'attraversamento pedonale	C1	C2	C3	C4	C5	C6

Tabella 9

Nel caso in cui gli attraversamenti pedonali possiedano attualmente un impianto di illuminazione dedicato o per i quali risulti necessario prevedere un nuovo sistema appositamente dedicato, si sono rispettate le condizioni illuminotecniche previste dalla Norma UNI/TS 11726 che prevede il rispetto di illuminamenti verticali minimi determinati sulla base della categoria illuminotecnica della strada su cui è posto l'attraversamento pedonale.

A tal proposito si riporta il prospetto 1 della Norma UNI/TS 11726.

STRADA	CATEGORIA ILLUMINOTECNICA ZONA DI STUDIO PER L'ATTRAVERSAMENTO PEDONALE
M1	-
M2	EV1 (50 lux min)
M3	EV2 (30 lux min)
M4	EV2 (30 lux min)
M5	EV3 (10 lux min)
M6	EV3 (10 lux min)

Tabella 10

4. ASPETTI IMPIANTISTICI

Di seguito vengono riportati gli aspetti tecnologici e impiantistici che caratterizzano la proposta presentata di riqualifica energetica e adeguamento normativo degli impianti di illuminazione pubblica del Comune di Lodi, nonché alla loro messa in sicurezza.

Dal punto di vista illuminotecnico, un buon impianto deve assicurare il giusto equilibrio tra **due esigenze** contrapposte: **garantire prestazioni adeguate** all'ambito considerato (per mantenere la sicurezza degli utenti della strada) e **contenere al minimo i costi di installazione, i consumi energetici e quelli connessi alla successiva gestione**.

Si elencano di seguito le tecnologie adottate con descrizione dettagliata delle opere di efficientamento energetico proposte.

I nuovi apparecchi dotati di tecnologia LED consentono:

- il rispetto della norma regionale sull'inquinamento luminoso, delle norme illuminotecniche e i dettami dei CAM per gli apparecchi con tecnologia LED;
- l'impiego di una minore potenza installata e un conseguente risparmio sui consumi energetici;
- riduzione di emissioni di CO₂ in atmosfera;
- minore consumo di TEP (Tonnellate di petrolio equivalente) legata al minor acquisto di energia.

I dispositivi LED impiegati consentono inoltre la gestione puntuale dei consumi tramite la regolazione del flusso luminoso rispetto ai classici sistemi centralizzati o tutta notte/ mezzanotte, garantendo ulteriori risparmi energetici nelle ore notturne dove il traffico veicolare è ridotto.

Gli apparecchi proposti presentano inoltre ottiche modulabili, che consentono una regolazione ad hoc della direzione del flusso, in relazione ai parametri illuminotecnici da rispettare, e costituiti in gran parte di materiali riciclabili. Esse saranno inoltre altamente resistenti agli urti e alle sollecitazioni, e potranno infine garantire ottima dissipazione del calore.

Per quanto riguarda la rispondenza alle normative, si sottolinea che i nuovi apparecchi installati avranno tutti le seguenti caratteristiche minime:

- saranno dotati di sorgenti luminose LED, con temperatura massima di colore pari a 4000K che, a parità di luminanza, comportano impieghi ridotti di potenza, rispetto alle altre sorgenti in commercio;
- saranno dotati di moduli LED che, nella loro posizione di installazione, presenteranno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per gamma $\geq 90^\circ$ inferiore a 0,49 cd/km;
- hanno resa cromatica CRI > 70;
- saranno dotati di dispositivi di regolazione di flusso integrati in grado di ridurre la potenza impiegata dall'impianto, per una porzione consistente delle ore di accensione dell'impianto;
- possibilità di garantire su tutte le superfici illuminate livelli di luminanza omogenei idonei per la classe illuminotecnica di progetto secondo norma UNI 11248;
- dal punto di vista della sicurezza fotobiologica, tutti gli apparecchi scelti per la riqualifica dell'impianto di illuminazione rientrano nella categoria exempt group (assenza di rischio fotobiologico), secondo la classificazione imposta dalla normativa di riferimento.

4.1 MINIMIZZAZIONE DEL RISCHIO FOTOBIOLOGICO COMPATIBILE CON LA FUNZIONE DEI CORPI ILLUMINANTI

La norma **EN 62471: 2008** mette in relazione i livelli di esposizione con i tempi di esposizione alla luce prodotta dalle lampade al fine di determinare la sicurezza ottiva.

Sulla base dei tempi di esposizione sono poi definiti dei gruppi di rischio. Più il tempo limite di esposizione è basso (quindi con livelli di esposizione elevati) e maggiore è il rischio. Va precisato che, per il rischio da luce blu, per tempo di esposizione si intende il tempo in cui una persona mantiene lo sguardo fisso verso la sorgente di luce tenendola a fuoco. Il fenomeno da luce blu infatti, interessa la retina che è particolarmente sensibile a tali lunghezze d'onda.



In accordo al par 6.1 della EN 62471 i gruppi di rischio (per luce blu) sono definiti come segue:

- **RG 0 (Rischio Esente):** Il concetto di base per la classificazione del gruppo Esente è che la lampada non provoca nessun rischio fotobiologico. Tale requisito è soddisfatto da qualsiasi lampada che non provochi un rischio retinico da luce blu (LB) entro 10.000 s (circa 2,8 h) di esposizione.
- **RG1 (Rischio Basso):** Il concetto di base per tale classificazione è che la lampada non provoca rischio dovuto a normali limitazioni di funzionamento sull'esposizione. Tale requisito è soddisfatto da qualsiasi lampada che eccede i limiti del Gruppo Esente ma non provochi un rischio retinico da luce blu (LB) entro 100 s di esposizione.
- **RG 2 (Rischio Moderato):** Il concetto di base per la classificazione del Gruppo di Rischio 2 (Rischio Moderato) è che la lampada non provoca un rischio in seguito ad una reazione istintiva guardando sorgenti di luce molto luminose (o in seguito ad una sensazione di disagio termico). Tale requisito è soddisfatto da qualsiasi lampada che eccede i limiti del Gruppo di Rischio 1 (Rischio Basso) ma non provochi un rischio retinico da luce blu (LB) entro 0,25 s di esposizione (risposta avversiva).
- **RG 3 (Rischio Elevato):** Il concetto di base per tale classificazione è che la lampada può costituire un rischio anche in seguito a un'esposizione momentanea o breve. Le lampade che superano i limiti del Gruppo di Rischio 2 (Rischio Moderato) sono comprese nel Gruppo di Rischio 3 (Rischio Elevato).

Sorgenti LED per illuminazione a luce bianca sono anch'esse posizionate tra i gruppi di rischio RG 1 e RG 2 (*).

(*) **Nota:** per sorgente LED si intende l'elemento LED che genera la luce (cosiddetto chip contenuto all'interno del componente discreto o LED package) da non confondere con la lampada e/o il tubo LED i quali normalmente sono classificati con RG0 o RG1 grazie alla presenza di diffusore frontale opale.

Con la pubblicazione della **IEC/TR 62471-2** e successivamente della **IEC/TR 62778** i limiti di esposizione sono stati messi in relazione anche alla distanza di visione. Anche se i fenomeni che intercorrono sono particolarmente complessi, dipendenti anche dalla dimensione della sorgente, di massima, maggiore è la distanza di visione, minore è il livello di esposizione e di conseguenza il gruppo di rischio.

Con la pubblicazione della norma **EN 60598-1:2015** si è definitivamente chiarito quale livello di esposizione si intende accettabile ai fini della sicurezza. Al par 4.24.2 (**Rischio retinico da luce blu**) è indicato: *"Per gli apparecchi che utilizzano sorgenti luminose di gruppo di rischio RG0 illimitato o RG1 illimitato, in accordo con la IEC/TR 62778, o che sono stati valutati come prodotti finiti pronti per l'uso e aventi gruppo di rischio RG 0 illimitato o RG 1 illimitato, non si applicano le prescrizioni per il rischio retinico da luce blu."*

Per gli apparecchi che hanno un illuminamento di soglia E_{thr} , valutato in accordo con la **IEC/TR 62778**, si applicano prescrizioni aggiuntive che permettono di valutare a quale distanza dal prodotto c'è la soglia tra RG 2 e RG1. In questo caso, pur non considerando l'apparecchio pericoloso, sono previste avvertenze di utilizzo e marcature per avvisare l'installatore o l'utilizzatore di un possibile rischio legato alla visione diretta e prolungata della sorgente.

Dalle valutazioni sopra esposte si può quindi affermare che:

- l'unico Gruppo di Rischio realmente pericoloso è RG3.
- sorgenti che presentano livelli di esposizione corrispondenti a RG2 non sono considerate pericolose anche se necessitano di avvertenze in quanto i livelli di radiazione sono tali da poter provocare possibili avversioni visive.
- sorgenti che presentano un livello di esposizione RG1 sono da considerarsi assolutamente non pericolose nell'impiego ordinario. La visione di una sorgente di illuminazione con questi livelli di esposizione per un tempo superiore ai 100s è infatti considerata improbabile in quanto l'occhio inizia a percepire un senso di abbagliamento e fastidio in tempi inferiori.
- sorgenti con livelli di esposizione RG0 sono da considerarsi sicure. I livelli di esposizione delle sorgenti RG0 sono stati calcolati per tempi molto elevati (superiori alle 2,8 h). Questo livello di esposizione non è comunque pertinente con l'illuminazione generale in quanto non è mai necessario guardare la sorgente di luce, ma la parte illuminata da essa.

4.2 VANTAGGI CONNESSI CON L'IMPIEGO DEI LED

I principali obiettivi, oltre a quelli di carattere economico ed energetico, che questo intervento si propone di conseguire a seguito della realizzazione delle opere descritte nei vari elaborati, sono i seguenti:

- **razionalizzare la distribuzione**, individuando macro-aree ed ottimizzando i punti di fornitura e semplificando la contabilità in carico al Comune;
- **adeguare** (ove possibile) il livello di illuminazione delle strade e delle aree agli attuali parametri di illuminazione previsti dalla Norma UNI 13201 (attuale riferimento normativo in tema di risparmio energetico), **aumentando in questo modo anche la sicurezza del cittadino**;
- **ridurre** l'inquinamento luminoso dovuto a sistemi d'illuminazione di vecchia generazione e **non conformi alla normativa regionale e nazionale vigente**;
- programmare in **modo razionale** l'impianto puntando al risparmio energetico e all'ottimizzazione della gestione energetica della pubblica illuminazione;
- **ridurre** le emissioni di gas serra ed inquinanti atmosferici e migliorare la qualità dell'aria;
- **migliorare** l'arredo urbano attraverso apparecchi adatti al contesto e di valore estetico in armonia con la configurazione attuale;
- **fornire** un sistema in grado di modulare l'illuminazione locale in funzione della effettiva necessità, legata ai diversi flussi di traffico nelle diverse ore della giornata.



La proposta di intervento ha quindi, oltre alle positive ricadute economiche, innumerevoli ulteriori vantaggi su territorio, ambiente, qualità della luce, comfort visivo, valorizzazione del contesto e percezione di un miglioramento della sicurezza.

4.3 INDICI PARAMETRIZZATI DI EFFICIENZA: IPEA* E IPEI*

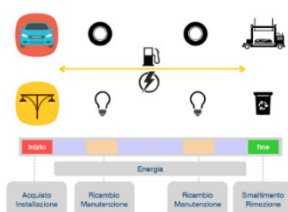
Gli indici di prestazione IPEA* e IPEI* sono normati dal Decreto del Ministro dell'Ambiente del 27 settembre 2017 recante "Criteri ambientali minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica e per l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica". Gli studi di impatto sul ciclo di vita (LCA) condotti in ambito europeo dimostrano che il maggior impatto ambientale di sorgenti luminose ed apparecchi illuminanti deriva dalla fase d'uso, ovvero dal consumo di energia degli stessi ed in misura minore dalla produzione (gli altri contributi sono pressoché nulli). I criteri sulla prestazione energetica di apparecchi ed impianti di illuminazione tengono conto di questo aspetto attraverso la definizione di indici specifici IPEA* (per gli apparecchi) ed IPEI* (per gli impianti), aggiornati sulla base dell'evoluzione normativa e tecnologica.

Gli **interventi di risparmio energetico** consistono soprattutto nell'installazione prevalente di apparecchi illuminanti a LED dotati di alimentatori con profilo di riduzione pre-programmato. Le sorgenti LED previste richiedono infatti, a parità di livello di illuminazione fornito, un minor consumo di energia che si riduce ulteriormente grazie alla possibilità di realizzare una dimmerazione più spinta rispetto alle altre sorgenti in commercio. La possibilità di controllare in modo più preciso ed affidabile l'accensione e lo spegnimento dell'impianto, permette di ridurre ulteriormente gli sprechi. Più dettagliatamente la scelta delle tecnologie da impiegare viene effettuata dal Proponente considerando anche gli aspetti di qualità, durabilità e robustezza dei materiali proposti, oltre che le migliori prestazioni in termini costi/benefici.

La Proposta risponde puntualmente alle prescrizioni presenti nei Criteri Ambientali Minimi e raggiunge anche i criteri premianti indicati nel D.M. n.244 del 27 Settembre 2017.

Grazie a questi parametri è possibile comparare in maniera diretta diverse tipologie di apparecchi ed impianti fra loro ed avere un riscontro diretto della loro qualità.

TOTAL COST OF OWNERSHIP
 Il costo totale di possesso consente di valutare i costi del ciclo di vita di un bene



Il secondo strumento a disposizione è l'analisi del **Costo Totale di Possesso** (o TCO – Total Cost of Ownership), che considera le principali voci di costo riguardanti un prodotto (costo di acquisto, costo di manutenzione ordinaria, costo di manutenzione straordinaria e costi relativi al consumo di energia elettrica).

Grazie a questa analisi è possibile stabilire quali siano le tecnologie che, a parità di prestazioni, consentono di ottenere costi di gestione e manutenzione inferiori nel lungo periodo. L'ultimo strumento è dato infine **dall'integrazione delle analisi di sostenibilità ambientale e circolarità materica all'interno della selezione dei migliori prodotti disponibili sul mercato.**

Grazie agli strumenti sopra indicati è possibile definire quali siano le migliori tecnologie oggi disponibili sul mercato (o Bat – acronimo di Best Available Technology) che, come definite nella direttiva 2008/1/CE, sono *“la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costruire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare, oppure a ridurre in modo generale, le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso”*.



4.4 CALCOLO DELL'INDICE PARAMETRIZZATO DI EFFICIENZA DELL'APPARECCHIO: IPEA*

L'indice IPEA* che viene utilizzato per indicare la prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione è definito come segue:

$$IPEA^* = \frac{\eta_a}{\eta_r}$$

- η_a = efficienza globale dell'apparecchio di illuminazione, che si calcola come segue

$$\eta_a = \frac{\Phi_{app} \cdot Dff}{P_{app}} \quad [lm/W]$$

- Φ_{app} = (lm) flusso luminoso nominale iniziale emesso dall'apparecchio di illuminazione nelle condizioni di utilizzo di progetto e a piena potenza;
- P_{app} = [W] potenza attiva totale assorbita dagli apparecchi di illuminazione, intesa come somma delle potenze assorbite dalle sorgenti e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio di illuminazione (accenditore, alimentatore/reattore, condensatore, ecc.); tale potenza è quella che l'apparecchio di illuminazione assorbe dalla linea elettrica durante il suo normale funzionamento a piena potenza (comprensiva quindi di ogni apparecchiatura in grado di assorbire potenza elettrica dalla rete);
- Dff = frazione del flusso emesso dall'apparecchio di illuminazione rivolta verso la semisfera inferiore dell'orizzonte (calcolata come rapporto fra flusso luminoso diretto verso la semisfera inferiore e flusso luminoso totale emesso), cioè al di sotto dell'angolo di 90°;
- η_r = efficienza globale di riferimento, i cui valori sono riportati, in funzione del tipo di apparecchio di illuminazione, nelle tabelle che seguono:

ILLUMINAZIONE STRADALE	
Potenza nominale dell'apparecchi P[W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
P≤65	73
65<P≤85	75
85<P≤115	83
115<P≤175	90
175<P≤285	98
285<P≤450	100
450<P	100

Tabella 11

ILLUMINAZIONE DI GRANDI AREE, ROTATORIE, PARCHEGGI	
Potenza nominale dell'apparecchio P[W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
P≤65	70
65<P≤85	70
85<P≤115	70
115<P≤175	72
175<P≤285	75
285<P≤450	80
450<P	83

Tabella 12

ILLUMINAZIONE DI GRANDI AREE PEDONALI, PERCORSI PEDONALI, PERCORSI CICLABILI, AREE CICLO-PEDONALI	
Potenza nominale dell'apparecchio P[W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
P≤65	75
65<P≤85	80
85<P≤115	85
115<P≤175	88
175<P≤285	90
285<P≤450	92
450<P	92

Tabella 13

ILLUMINAZIONE DI AREE VERDI	
Potenza nominale dell'apparecchio P[W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
P≤65	75
65<P≤85	80
85<P≤115	85
115<P≤175	88
175<P≤285	90
285<P≤450	92
450<P	92

Tabella 14

ILLUMINAZIONE DI CENTRO STORICO CON APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE ARTISTICI	
Potenza nominale dell'apparecchio P[W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
P≤65	60
65<P≤85	60
85<P≤115	65
115<P≤175	65
175<P≤285	70
285<P≤450	70
450<P	75

Tabella 15



Si riporta in seguito tabella con i valori di indice IPEA associato ad ogni classe:

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA	
Classe energetica apparecchi illuminanti	IPEA
An+	$IPEA > 1,10 + (0,10 \cdot n)$
A++	$1,30 < IPEA \leq 1,40$
A+	$1,20 < IPEA \leq 1,30$
A	$1,10 < IPEA \leq 1,20$
B	$1,00 < IPEA \leq 1,10$
C	$0,85 < IPEA \leq 1,00$
D	$0,70 < IPEA \leq 0,85$
E	$0,55 < IPEA \leq 0,70$
F	$0,40 < IPEA \leq 0,55$
G	$IPEA < 0,40$

Tabella 16

Con riferimento alla tabella riportata nella corrispondente specifica tecnica (criterio 4.2.3.8), vengono assegnati punti premianti con la seguente modalit :

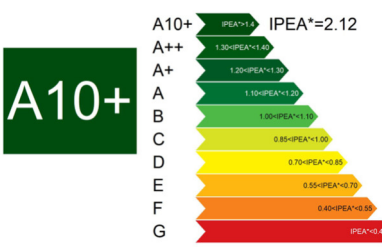
VALORE IPEA* CON SCADENZE FUTURE	CRITERI BASE	CRITERI PREMIANTI	VALORI DI PROGETTO
Fino al 31/12/2019	$\geq C$	$> C$	
Dal 01/01/2020 al 31/12/2024	$\geq B$	$> B$	
Dal 01/01/2025	$\geq A$	$> A$	

Tabella 17

Tutti gli apparecchi funzionali proposti hanno un indice calcolato IPEA* $\geq A3+$, in conformit  con quanto descritto dai CAM e addirittura superiore ai criteri premianti leganti all'annualit  2025.



Come descritto nei CAM, l'indice IPEA* degli apparecchi di illuminazione doveva essere maggiore o uguale a quello della classe C fino al 2019 compreso, a quello della classe B fino al 2025 compreso e a quello della classe A a partire dall'anno 2026. Gli apparecchi impiegati nell'illuminazione stradale, di grandi aree, rotonde e parcheggi debbono avere l'indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe B fino all'anno 2019 compreso, a quello della classe A+ fino all'anno 2021 compreso, a quello della classe A++ fino all'anno 2023 compreso, a quello della classe A+++ a partire dall'anno 2024.



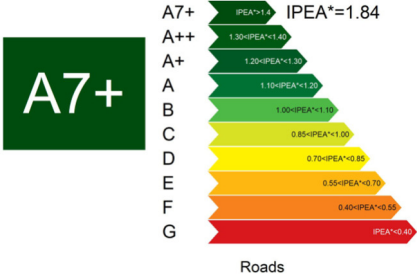
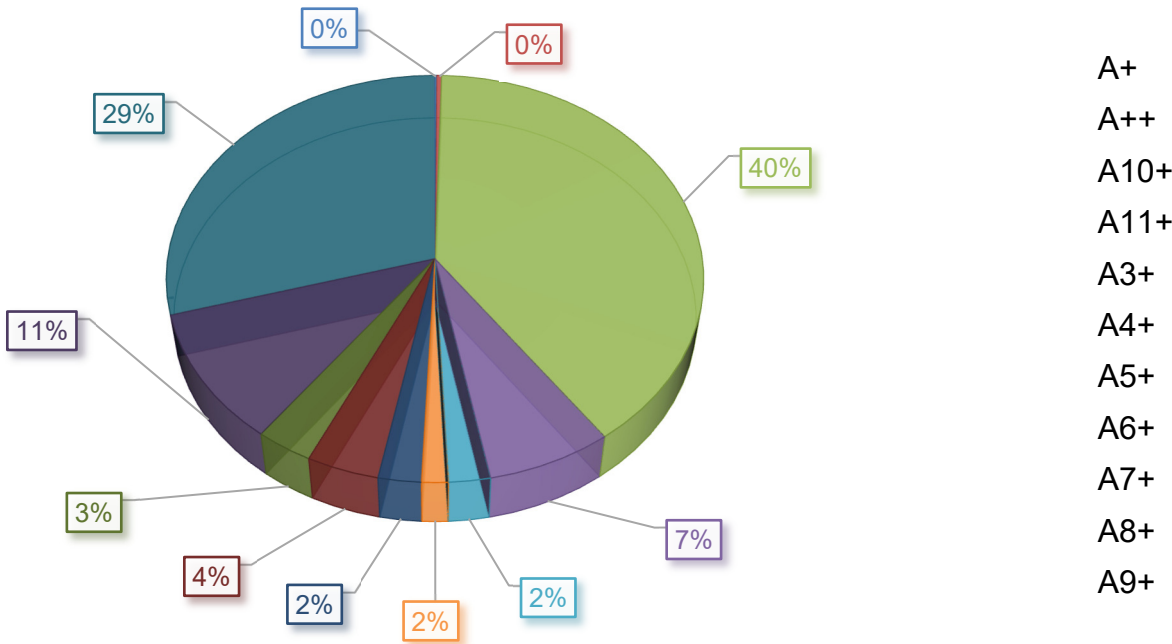
VALORE IPEA* CON SCADENZE FUTURE PER APPARECCHI STRADALI, DI GRANDI AREE, ROTATORIE E PARCHEGGI	CRITERI BASE	CRITERI PREMIANTI	VALORI DI PROGETTO
IPEA* fino al 2019 compreso	≥B	>B	
IPEA* fino al 2021 compreso	≥A+	>A+	
IPEA* fino al 2023 compreso	≥A++	>A++	
IPEA* a partire dal 2024	≥A+++	>A+++	

Tabella 18

Tutti gli apparecchi per gli apparecchi stradali, di grandi aree, rotatorie e parcheggi hanno un indice calcolato IPEA* ≥ A3+, in conformità con quanto descritto dai CAM e addirittura superiore ai criteri premianti leganti all’annualità 2024. I valori minimi di IPEA potrebbero avere delle eccezioni solo nei casi di apparecchi installati in contesti di particolare pregio architettonico e di valenza storica.

4.4.1 VALORE IPEA* DEGLI IMPIANTI PROPOSTI

Si riporta di seguito un grafico riepilogativo che riporta le percentuali delle varie classi IPEA* dei corpi illuminanti riqualificati:



Per ulteriori dettagli si rimanda all’allegato tecnico “PF.CP.SDP – TABELLA INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E MESSA A NORMA: PUNTI LUCE”.

4.5 CALCOLO DELL’INDICE PARAMETRIZZATO DI EFFICIENZA DELL’IMPIANTO: IPEI*

L’indice IPEI* che viene utilizzato per la valutazione delle prestazioni energetiche degli impianti di illuminazione è definito come:



$$IPEI^* = \frac{D_p}{D_{p,R}}$$

- D_p = densità di potenza di progetto, calcolato come:

$$D_p = \frac{\sum P_{app}}{\sum_{i=1}^n \left(\bar{E}_i \frac{0.80}{MF_i} A_i \right)}$$

- P_{app} = [W] potenza attiva totale assorbita dagli apparecchi di illuminazione, intesa come somma delle potenze assorbite dalle sorgenti e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio di illuminazione (accenditore, alimentatore/reattore, condensatore, ecc.); tale potenza è quella che l'apparecchio di illuminazione assorbe dalla linea elettrica durante il suo normale funzionamento a piena potenza (comprensiva quindi di ogni apparecchiatura in grado di assorbire potenza elettrica dalla rete);
- E_i = [lx] (lx) illuminamento orizzontale medio mantenuto di progetto dell'area i-esima, calcolato secondo le direttive UNI EN 13201. L'illuminamento medio mantenuto di progetto non può essere superiore del 20% rispetto al valore minimo indicato dalla norma UNI 13201-2;
- MF_i = coefficiente di manutenzione adottato per il calcolo dell'area i-esima;
- A_i = area i-esima illuminata;
- n = numero delle aree i-esime considerate. Le aree lungo una carreggiata che devono essere illuminate per rispettare il parametro REI 24 non vanno considerate come aree i-esime (ovvero: per tratti stradali che non hanno aree i-esime adiacenti classificate tramite una propria categoria, va considerata unicamente la carreggiata);
- $D_{p,R}$ = Densità di Potenza di riferimento, i cui valori sono riportati, in funzione del tipo di apparecchio di illuminazione, nelle tabelle seguenti.

Per le categorie illuminotecniche basate sulla luminanza (M), l'illuminamento orizzontale medio mantenuto (E_i) da utilizzare per il calcolo della densità di potenza (D_p) deve essere la media dei valori di illuminamento calcolati sulla stessa griglia dei punti utilizzati per il calcolo della luminanza in conformità alla EN 13201-3. In alternativa, se risulta impossibile effettuare il calcolo dell'illuminamento orizzontale medio mantenuto secondo la modalità sopra descritta, qualora sia stato utilizzato un manto stradale di classe C2 per il calcolo della luminanza media mantenuta, si può utilizzare la formula semplificata:

$$\bar{E}_i = \frac{L_i}{0.07}$$

Nel caso in cui il medesimo ambito presenti più aree, di cui una o più aventi categorie illuminotecniche di progetto differenti, va utilizzata come Densità di Potenza di riferimento quella relativa alla classe illuminotecnica più gravosa fra gli ambiti considerati (ovvero quella con Densità di Potenza di riferimento minore).

Nelle tabelle che seguono sono riportati i valori di Densità di Potenza di riferimento riferiti alle categorie illuminotecniche di progetto secondo la norma UNI 13201-2:

ILLUMINAZIONE STRADALE CATEGORIA ILLUMINOTECNICA M	
CATEGORIA ILLUMINOTECNICA (SECONDO UNI 13201-2)	DENSITÀ DI POTENZA DI RIFERIMENTO [W/LUX/M ²]
M1	0,035
M2	0,037
M3	0,040
M4	0,042
M5	0,043
M6	0,044

Tabella 19

ILLUMINAZIONE DI GRANDI AREE, INCROCI O ROTATORIE, PARCHEGGI CATEGORIA C (O P)	
CATEGORIA ILLUMINOTECNICA (SECONDO UNI 13201-2)	DENSITÀ DI POTENZA DI RIFERIMENTO [W/LUX/M ²]
C0	0,030
C1	0,032
C2	0,034
C3 (P1)	0,037
C4 (P2)	0,039
C5 (P3)	0,041
(P4)	0,043
(P5)	0,045
(P6)	0,047
(P7)	0,049

Tabella 20

ILLUMINAZIONE DI AREE PEDONALI O CICLABILI CATEGORIA ILLUMINOTECNICA P (O C)	
CATEGORIA ILLUMINOTECNICA (SECONDO UNI 13201-2)	DENSITÀ DI POTENZA DI RIFERIMENTO [W/LUX/M ²]
(C0)	0,039
(C1)	0,042
(C2)	0,044
P1 (C3)	0,048
P2 (C4)	0,051
P3 (C5)	0,053
P4	0,056
P5	0,059
P6	0,061
P7	0,064

Tabella 21

Si riporta in seguito tabella con i valori di indice IPEI associato ad ogni classe:

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA	
Classe energetica impianto	IPEI*
An+	$IPEI^* < 0,85 - (0,10 \cdot n)$
A++	$0,55 \leq IPEI^* < 0,65$
A+	$0,65 \leq IPEI^* < 0,75$
A	$0,75 \leq IPEI^* < 0,85$

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA

Classe energetica impianto	IPEI*
B	$0,85 \leq \text{IPEI}^* < 1,00$
C	$1,00 \leq \text{IPEI}^* < 1,35$
D	$1,35 \leq \text{IPEI}^* < 1,75$
E	$1,75 \leq \text{IPEI}^* < 2,30$
F	$2,30 \leq \text{IPEI}^* < 3,00$
G	$\text{IPEI}^* > 3,00$

Tabella 22

L'indice IPEI* è definito in modo diverso dall'indice IPEI, di cui al D.M. 23/12/2013, per tener conto dell'evoluzione normativa e tecnologica.

Per rispondere ai CAM del 27/09/2017, tutti gli impianti, per rientrare nei criteri base indicati al paragrafo 4.3.3.3 (di cui sopra è riportata la tabella), dovranno **avere indice IPEI***:

- $\geq$ classe B, fino all'anno 2020 compreso;
- $\geq$ classe A, fino all'anno 2025 compreso;
- $\geq$ **classe A+, a partire dall'anno 2026.**

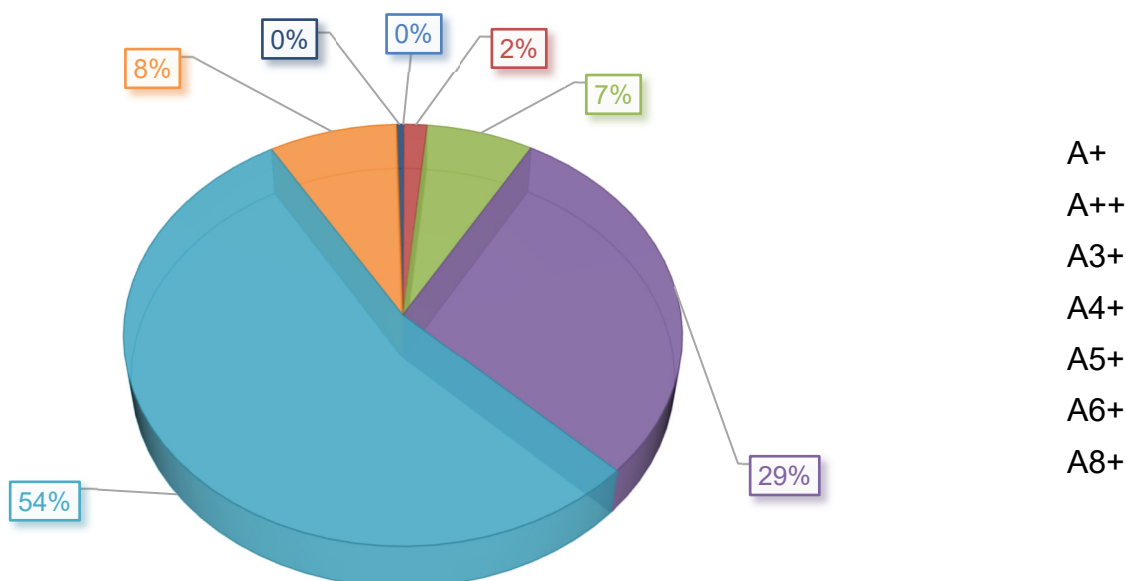


Tale valore, risulta inoltre essere premiante.

La Proposta di cui in oggetto risponde puntualmente alle prescrizioni presenti nei Criteri Ambientali Minimi, raggiungendo anche criteri premianti.

4.5.1 VALORE IPEI* DEGLI IMPIANTI PROPOSTI

È stato calcolato l'indice IPEI per ogni zona omogenea con metodologia descritta al capitolo precedente e conforme ai CAM. Ne risulta che **tutte le zone omogenee sono caratterizzate da un Indice parametrizzato di efficienza dell'Impianto IPEI* $\geq$ alla classe A+, in conformità a quanto prescritto dai CAM.**



Tutte le zone omogenee di cui si compongono gli impianti di pubblica illuminazione sono caratterizzate da un indice calcolato IPEI* $\geq$ A+, in conformità a quanto prescritto dai Criteri Ambientali Minimi.

5. ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI E DEI RISPARMI CONSEGUIBILI

Le opere di **riqualificazione, efficientamento e messa a norma** proposte riguardano prevalentemente aspetti impiantistici e sono di fatto finalizzati a **ridurre il consumo energetico e l'inquinamento luminoso**, in virtù dei **maggiori rendimenti illuminotecnici** degli apparecchi d'illuminazione dotati di tecnologia a Led rispetto alle sorgenti tradizionali ed alla **migliore direzionalità della sorgente luminosa** sulle aree effettivamente da illuminare.



Dal punto di vista **dell'impatto ambientale** delle suddette opere, si mettono in evidenza gli aspetti migliorativi di seguito descritti:

- l'utilizzo della **tecnologia a Led** rispetto alle fonti tradizionali produce **consistenti risparmi energetici**;
- la **riduzione dei consumi elettrici comporta una conseguente riduzione delle emissioni dei gas serra** connessi alla produzione di energia;
- l'**introduzione di queste apparecchiature ridurrà fortemente l'inquinamento luminoso** degli attuali punti luce in quanto la luce direzionale del Led, nonché l'utilizzo dell'ottica più adeguata al contesto, permetteranno di evitare dispersioni di flusso luminoso oltre l'orizzonte;
- il **miglioramento del livello tecnologico dei quadri elettrici e di altre apparecchiature dei circuiti permetterà una migliore gestione degli impianti stessi**, un maggior controllo dei disservizi ed un più attento monitoraggio del livello di servizio offerto.

La valutazione dei consumi energetici si basa sulla individuazione delle potenze nominali degli apparecchi, sull'applicazione delle perdite e sulle ore di funzionamento dell'impianto. Da un rilievo effettuato sul campo si è calcolato il relativo consumo di seguito riportato:

DESCRIZIONE	VALORE
Potenza media installata per l'illuminazione pubblica	114,79 W
Tempo di accensione annua degli impianti	4.196
Consumo degli impianti di illuminazione pubblica	3.421.235,37 kWh/anno

Tabella 23

DESCRIZIONE	VALORE
Potenza media installata per gli impianti semaforici	25,44 W
Tempo di accensione annua per singola lanterna	8.760
Tempo di accensione annua dei lampeggianti	4.196
Consumo degli impianti semaforici	27.150,42 kWh/anno

Tabella 24

5.1.1 DESCRIZIONE TECNICA DI SINTESI DEGLI INTERVENTI PER L'OTTENIMENTO DEL RISPARMIO ENERGETICO

Al fine di individuare le caratteristiche tecniche ed energetiche dei singoli apparecchi si sono svolti dei calcoli illuminotecnici. Le simulazioni vengono svolte sulla base dell'individuazione del tratto tipo e al fine di individuare la corretta apparecchiatura da installare e il relativo posizionamento, allo scopo di verificare il rispetto dei parametri minimi richiesti dalla Norma **UNI EN 13201 – 2** per le categorie illuminotecniche di progetto dell'ambito considerato.

Attraverso il progetto presentato è possibile conseguire un miglioramento dell'efficienza e della qualità del servizio di illuminazione pubblica, attraverso l'ottenimento di un notevole risparmio energetico e di conseguenza anche economico, il tutto nel rispetto dei requisiti tecnici di sicurezza degli impianti.

Gli interventi, tuttavia, non saranno solamente finalizzati alla riduzione dei consumi poichè gli apparecchi sono stati scelti considerando anche i seguenti criteri:

- **scelta di prodotti adatti e conformi al contesto urbano** e di impiego;
- rispondenza ai **Criteri Ambientali Minimi**;
- scelta dei prodotti ad **alte performances** sia in termini di **prestazione energetica** (maggior IPEA) che in termini di **qualità, durabilità e robustezza dei materiali proposti** (alta vita utile, certificati apparecchi, etc.);
- previsione di nuovi punti luce come **miglioria alla città e per garantire maggiore sicurezza per il cittadino**.



Oltre ai criteri guida sopra elencati, punto di partenza per ogni progetto di riqualificazione illuminotecnica ed efficientamento energetico, la redazione della proposta progettuale riguardante il **Comune di Lodi** si basa su solide fondamenta tecniche individuate sviluppate dal team di progettazione in numerosi anni di esperienza nel settore. I nuovi apparecchi dotati di tecnologia LED consentono da un lato di risparmiare sui consumi e dall'altro di rispettare le norme sull'inquinamento luminoso regionali e i dettami dei CAM apparecchi. La **tecnologia LED**, infatti, a parità di prestazioni illuminotecniche, **impiega minore potenza** rispetto alle altre sorgenti in commercio con conseguente risparmio sui consumi.

Questo comporta da un lato una convenienza economica legata alla minor spesa energetica e dall'altro un risparmio in termini di emissioni di CO₂ equivalente e TEP, con conseguente abbassamento dell'impatto ambientale legato all'esercizio dell'impianto. La **tecnologia LED** ha inoltre una possibilità di dimmerazione più spinta del flusso luminoso, rispetto alle altre sorgenti in commercio, consentendo **una regolazione più accurata** e permettendo **un'illuminazione più uniforme** rispetto ai classici sistemi tutta notte/mezzanotte, senza rinunciare al **risparmio sui consumi**. Gli apparecchi proposti, infine, saranno dotati di **ottiche modulabili**, che consentono una regolazione ad hoc della direzione del flusso in relazione ai parametri illuminotecnici da rispettare, e costruiti per la maggior parte di materiali riciclabili.

5.1.2 RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO

La sostituzione delle sorgenti luminose e l'installazione di apparecchi di ultima generazione con ottiche regolabili diverse consentono, a parità di risultati illuminotecnici, di utilizzare sorgenti a minore potenza con conseguente notevole efficientamento delle prestazioni dell'impianto.

Ogni apparecchio illuminante a LED sarà dotato di **alimentatore elettronico dimmerabile con profilo di riduzione pre-impostato secondo i profili adottati** compatibili con le curve di regolazione stabilite da bando di gara ed aggiornabile, determinato sulla base delle classi illuminotecniche di progetto e di esercizio.

Così come stabilito dalla **Norma UNI 11431:2021**, la variazione del flusso luminoso emesso dagli apparecchi di illuminazione di un impianto stradale è una soluzione tecnica adottata dai progettisti per ottenere le **categorie illuminotecniche di esercizio previste dalla UNI 11248**.

I dispositivi per la regolazione del flusso luminoso hanno la finalità di variare, in modo controllato, il flusso luminoso emesso dagli apparecchi di illuminazione.

Il corretto impiego di questi dispositivi richiede all'utilizzatore la dettagliata conoscenza di **parametri prestazionali del regolatore di flusso luminoso**:

- per determinare le **condizioni operative del regolatore di flusso luminoso**, ai fini del raggiungimento delle prestazioni della categoria illuminotecnica desiderata;
- per **stimare il risparmio energetico conseguibile** applicando un dato dispositivo in definite condizioni operative;
- per valutare, qualitativamente, le **caratteristiche del prodotto più confacente per ogni specifica applicazione**.

Per l'illuminazione pubblica del Comune di Lodi, è stato implementato un sistema di **dimmerazione** che varia a seconda della classificazione stradale dei punti luce, al fine di ottimizzare il consumo energetico mantenendo adeguati livelli di sicurezza e visibilità.

Si è optato per una **dimmerazione ad un gradino** per la maggior parte dei punti luce, caratterizzata da una riduzione del flusso luminoso in un intervallo orario specifico. Questo significa che:

- funzionamento con riduzione di potenza del 30% dalle ore 22.00 alle ore 06.00, per un totale di 2.920 ore.
- funzionamento a pieno regime nelle restanti ore di accensione dell'impianto per un totale di 1.276.

Questo schema di dimmerazione ad un gradino è stato applicato a:

- Tutti i punti luce che rientrano nelle **classificazioni stradali M5 e C4**.
- Inoltre, a tutti i punti luce che, pur ricadendo in altre classificazioni stradali, hanno una **potenza nominale inferiore a 20W**.

Per i punti luce che rivestono maggiore importanza o che richiedono un controllo più granulare del flusso luminoso, è stata adottata una **dimmerazione a doppio gradino**. Questo significa che:

- funzionamento con riduzione di potenza del 30% dalle ore 22.00 alle ore 01.00, per un totale di 1.095 ore;
- funzionamento con riduzione di potenza del 50% dalle ore 01.00 alle ore 06.00, per un totale di 1.825 ore;
- funzionamento a pieno regime nelle restanti ore di accensione dell'impianto per un totale di 1.276.

Questa soluzione è stata applicata specificamente ai punti luce che ricadono nelle seguenti classificazioni stradali di progetto: **M2, M3, M4, P1, P2, C1, C2 e C3**. Questo approccio permette una gestione più flessibile e articolata della luminosità, adattandosi meglio alle diverse esigenze di queste aree.

5.1.3 ORE ACCENSIONE DEGLI IMPIANTI

Le ore di accensione degli impianti di illuminazione pubblica saranno pari a **4.196**, nel rispetto dalla deliberazione 25 settembre 2008, ARG/elt 135/08, con valori minimi di ritardo nell'accensione e anticipo nello spegnimento, tali da essere compresi rispettivamente nell'alba e nel crepuscolo civile. L'utilizzo di orologi astronomici a comando degli impianti di accensione permette un'accensione puntuale senza interferenze causate dalla tipologia di posa e di regolazione, per ottimizzare i valori di consumo di energia.

L'orologio astronomico, diversamente dai classici relè crepuscolari, permette di gestire in maniera precisa l'orario di accensione e spegnimento dell'impianto sulla base dell'orario del crepuscolo e dell'alba, riducendo lo scarto di tolleranza ed evitando quindi maggiori ore di funzionamento degli impianti senza reale necessità e di conseguenza riducendo le ore di funzionamento. Per motivi di sicurezza si può comunque prevedere l'installazione di aggiungere un dispositivo (es. crepuscolare), al fine di garantire l'accensione degli impianti anche in particolari condizioni di anomale e scarsa luminosità o per ovviare a malfunzionamenti dell'orologio astronomico.

5.1.4 CURVE DI REGOLAZIONE PROPOSTE

La tecnologia LED permette una facile ed affidabile regolazione del flusso luminoso. Gli apparecchi sono equipaggiati con un alimentatore elettronico in grado di regolare l'emissione luminosa agendo direttamente sulla corrente che alimenta i LED del gruppo ottico e configurato con un **profilo di dimmerazione automatica** che permette di sfruttare la massima intensità luminosa nelle prime e nelle ultime ore di accensione dell'impianto, riducendo i consumi energetici nelle ore centrali della notte, quando frequentemente è sufficiente un livello di illuminazione inferiore, poiché minore è il traffico e il numero degli utenti che transitano. Il profilo di riduzione si adatta automaticamente all'andamento variabile delle ore di buio durante l'anno.

L'orario di accensione e spegnimento degli impianti e la regolazione degli impianti sono stati determinati da un'attenta analisi dei rischi determinati al momento della classificazione illuminotecnica delle strade, dalla conoscenza di eventi storici (flusso del traffico stradale, campo visivo, zone di conflitto, rischi aggressione, pedoni, incidenti stradali, ecc..).



5.1.5 RISPARMI ENERGETICI OTTENIBILI ESPRESSI IN KWH/ANNO

La sostituzione delle sorgenti luminose e l'installazione di apparecchi di ultima generazione con ottiche regolabili consentono, a parità di garanzia di risultati illuminotecnici, di utilizzare sorgenti a minore potenza con conseguente notevole efficientamento delle prestazioni dell'impianto.

Si riporta di seguito un dettaglio tabellare di quanto proposto e descritto, confrontando i dati pre e post intervento degli impianti di **illuminazione pubblica**:

DESCRIZIONE	ANTE		POST	
	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.
Potenza nominale impianto illuminazione pubblica	702,04	kW	236,73	kW
Consumo impianto illuminazione pubblica	3.421.235,37	kWh/anno	781.219,99	kWh/anno
T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio)	639,48	ton/anno	146,02	ton/anno
Gas serra CO ₂ equivalenti	802,96	ton/anno	183,35	ton/anno

Tabella 25

Il calcolo è stato effettuato tenendo conto dei seguenti parametri:

- 3% perdite per sorgenti a led (alimentatore e rete);
- Per il calcolo dei TEP equivalenti si fa riferimento al dato indicato dal *FIRE (La Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia - FIRE - associazione tecnico - scientifica incaricata dal Ministero dello Sviluppo Economico)* 1 TEP = 5.347,59kWh
- Per il calcolo della CO₂ si fa riferimento al rapporto ISPRA R413/2025 0,2347 KgCO₂/kWh.

L'energia post opera è stata così calcolata:

$$\text{Energia} = \frac{P_{\text{netta}} * \text{perdite} * [\text{ore P. P.} + (\text{ore RID} * \% \text{ rid})]}{1000} \quad [\text{kWh anno}]$$

In cui:

- P_{netta}** = potenza netta in watt che corrisponde alla potenza nominale dell'apparecchio dichiarato dal costruttore alla corrente di pilotaggio di utilizzo esclusa la potenza dissipata dal sistema di alimentazione;
- perdite** = potenza dissipata sotto forma di calore o altra forma di energia dal sistema di alimentazione, regolazione o di linea, partendo dal punto di consegna dell'energia elettrica. Tali perdite sono pari a 3% per apparecchi con tecnologia LED.
- ore P.P.** = ore a piena potenza, variano a seconda del profilo di riduzione adottato;
- ore RID** = ore a potenza ridotta, variano a seconda del profilo di riduzione adottato;
- % rid** = % di riduzione della potenza netta, varia a seconda del profilo di riduzione adottato.

Il consumo finale degli impianti di illuminazione pubblica di Lodi è così riepilogabile, tenendo conto delle opere di adeguamento illuminotecnico:

CONSUMO IMPIANTO	CONSUMO [KWH/ANNO]
Consumo impianto illuminazione pubblica riqualificato	781.219,99

Tabella 26

Al termine delle opere di riqualificazione, gli impianti di illuminazione pubblica di Lodi raggiungeranno un consumo pari a 781.219,99 kWh/anno, con un risparmio del 77% rispetto ai consumi attuali.

Si riporta di seguito un dettaglio tabellare di quanto proposto e descritto, confrontando i dati pre e post intervento degli **impianti semaforici**:

DESCRIZIONE	ANTE		POST	
	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.
Potenza nominale impianti semaforici	8,42	kW	6,64	kW
Consumo impianti semaforici	27.150,42	kWh/anno	21.363,04	kWh/anno
T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio)	5,07	ton/anno	3,99	ton/anno
Gas serra CO ₂ equivalenti	6,37	ton/anno	5,01	ton/anno

Tabella 27

Il calcolo è stato effettuato tenendo conto dei seguenti parametri:

- 3% perdite per sorgenti a led (alimentatore e rete);
- per il calcolo dei TEP equivalenti si fa riferimento al dato indicato dal FIRE (La Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia - FIRE - associazione tecnico - scientifica incaricata dal Ministero dello Sviluppo Economico) 1 TEP = 5.347,59kWh;
- per il calcolo della CO₂ si fa riferimento al rapporto ISPRA R413/2025 0,2347 KgCO₂/kWh.

L'energia post opera è stata così calcolata:

$$\text{Energia} = \frac{P_{\text{netta}} * \text{perdite} * [\text{ore P. P.} + (\text{ore RID} * \% \text{ rid})]}{1000} \quad [kWh \text{ anno}]$$

In cui:

- P_{netta}** = potenza netta in watt che corrisponde alla potenza nominale dell'apparecchio dichiarato dal costruttore alla corrente di pilotaggio di utilizzo esclusa la potenza dissipata dal sistema di alimentazione;
- perdite** = potenza dissipata sotto forma di calore o altra forma di energia dal sistema di alimentazione, regolazione o di linea, partendo dal punto di consegna dell'energia elettrica. Tali perdite sono pari a 3% per apparecchi con tecnologia LED.
- ore P.P.** = ore a piena potenza, variano a seconda del tipo di apparecchio, se lanterna semaforica o lampeggiante.

Il consumo finale degli impianti semaforici di Lodi è così riepilogabile, tenendo conto delle opere di adeguamento illuminotecnico:

CONSUMO IMPIANTO	CONSUMO [KWH/ANNO]
Consumo impianti semaforici riqualificato	21.363,04

Tabella 28

Al termine delle opere di riqualificazione, gli impianti semaforici di Lodi raggiungeranno un consumo pari a 21.363,04 kWh/anno, con un risparmio del 21% rispetto ai consumi attuali.

5.1.6 RISPARMI ENERGETICI OTTENIBILI ESPRESSI IN TEP/ANNO

Per il calcolo dell'energia consumata in termini di TEP (Tonnellate di petrolio equivalente) si fa riferimento al dato indicato dal FIRE (La Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia - FIRE - associazione tecnico - scientifica incaricata dal Ministero dello Sviluppo Economico) per cui il passaggio da kWh a TEP è determinato dalla seguente fattore di conversione:

$$1 \text{ TEP} = 5.347,59 \text{ kWh}$$



Partendo dal consumo energetico si sono valutati i TEP corrispondenti convertendo l'Energia Primaria secondo i parametri di conversione sopra indicati. Si riporta in seguito tabella riassuntiva dei risultati ottenuti dagli interventi di riqualifica degli impianti esistenti:

DESCRIZIONE	ANTE		POST		RISPARMIO	
	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.
Consumo impianti Illuminazione pubblica	3.421.235,37	kWh/anno	781.219,99	kWh/anno	2.640.015,38	kWh/anno
T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio)	639,48	ton/anno	146,02	ton/anno	493,46	ton/anno

Tabella 29

DESCRIZIONE	ANTE		POST		RISPARMIO	
	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.
Consumo impianti semaforici	27.150,42	kWh/anno	21.363,04	kWh/anno	5.787,38	kWh/anno
T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio)	5,07	ton/anno	3,99	ton/anno	1,08	ton/anno

Tabella 30

5.1.7 RISPARMI OTTENIBILI IN TERMINI DI EMISSIONI DI CO₂

Di seguito si esplicita il calcolo effettuato, facendo riferimento alla metodologia di calcolo delle **emissioni di CO₂ legate al consumo e prelievo di energia elettrica da rete nazionale** con il seguente fattore di conversione: **0,2347kg di CO₂ /kWh**.



Per l'individuazione del coefficiente utile al calcolo delle emissioni di CO₂ legate al consumo di energia elettrica si è fatto riferimento alle valutazioni realizzate da *GHG Protocol* che prende in considerazione il mix energetico nazionale.

Da tale studio si evince che per il calcolo delle emissioni legate al consumo di energia elettrica acquistata sul mercato italiano il mix energetico nazionale è pari a **0,2347 kg**

di CO₂/kWh.

La stima delle emissioni aggregate di gas serra (GHG) si basa sulla seguente relazione, riportata su diverse ricerche scientifiche in merito:

$$CO_2 e = \sum (GWPI * Ei),$$

con:

- CO₂ e = emissioni di CO₂ equivalente espresse in t/anno;
- GWPI = "Global Warming Potential" coefficienti GWP da IPCC;
- Ei = emissioni di gas serra (GHG) convertendo l'Energia Primaria secondo i parametri di conversione sopra indicati.

Si riporta in seguito tabella riassuntiva dei risultati ottenuti dagli interventi di riqualifica degli impianti esistenti:

DESCRIZIONE	ANTE		POST		RISPARMIO	
	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.
Consumo impianti Illuminazione pubblica	3.421.235,37	kWh/anno	781.219,99	kWh/anno	2.640.015,38	kWh/anno

DESCRIZIONE	ANTE		POST		RISPARMIO	
	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.
CO ₂ equivalenti	802,93	ton/anno	183,35	ton/anno	619,61	ton/anno

Tabella 31

DESCRIZIONE	ANTE		POST		RISPARMIO	
	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.	VALORE	U.M.
Consumo impianti semaforici	27.150,42	kWh/anno	21.363,04	kWh/anno	5.787,38	kWh/anno
CO ₂ equivalenti	6,37	ton/anno	5,01	ton/anno	1,36	ton/anno

Tabella 32

6. SISTEMA DI REGOLAZIONE E TELECONTROLLO PROPOSTO PER OGNI QUADRO ELETTRICO

La proposta comprende l'installazione su tutti i quadri di un sistema di telecontrollo, che implementerà le seguenti funzioni principali:

- **controllo e gestione dell'impianto**, con possibilità di modifica a distanza e in forma centralizzata di alcuni parametri tra cui ovviamente cicli di accensione e spegnimento;
- controllo e gestione degli **allarmi** e dei messaggi provenienti dai dispositivi in campo;
- misura e gestione dei **dati energetici** dell'impianto mediante analizzatore di rete.



Nello specifico, si prevede l'installazione di un sistema di telecontrollo con le seguenti peculiarità:

- lettura consumi da gruppo di misura (energia attiva e reattiva);
- presenza di interruttore astronomico con gestione offset da remoto;
- presenza di interruttore crepuscolare con soglia controllabile da remoto;
- assenza tensione gestore;
- possibilità di accensione dell'impianto remoto, anche tramite telefono cellulare;
- possibilità di monitoraggio di accensioni e spegnimenti dell'impianto di illuminazione;
- dotazione di software Controller e di App per smartphone Android/iOS/Windows;
- generazione di report dei consumi energetici e trasmesso via e-mail in formato .xls;
- invio di avviso automatico a personale reperibile in caso di guasti permanenti.

6.1.1 ARCHITETTURA DEL SISTEMA E VANTAGGI

Il sistema proposto utilizza la tecnologia delle reti internet e di telefonia mobile, con hardware e software dedicati, interconnessi al world wide web all'interno del data center. Questo consente la gestione completa degli impianti attraverso un applicativo web, **Controller**, accessibile dagli utenti via browser da ogni piattaforma hardware: personal computer, tablet, smartphone.

I vantaggi previsti sono i seguenti:

- nessun costo extra di installazione;
- accesso agli impianti da qualsiasi location via internet;
- aggiornamenti delle funzionalità automatici e immediati.

Per la comunicazione fra i componenti del sistema sono state scelte tre tecnologie in grado di garantire contemporaneamente efficacia, convenienza e sicurezza:

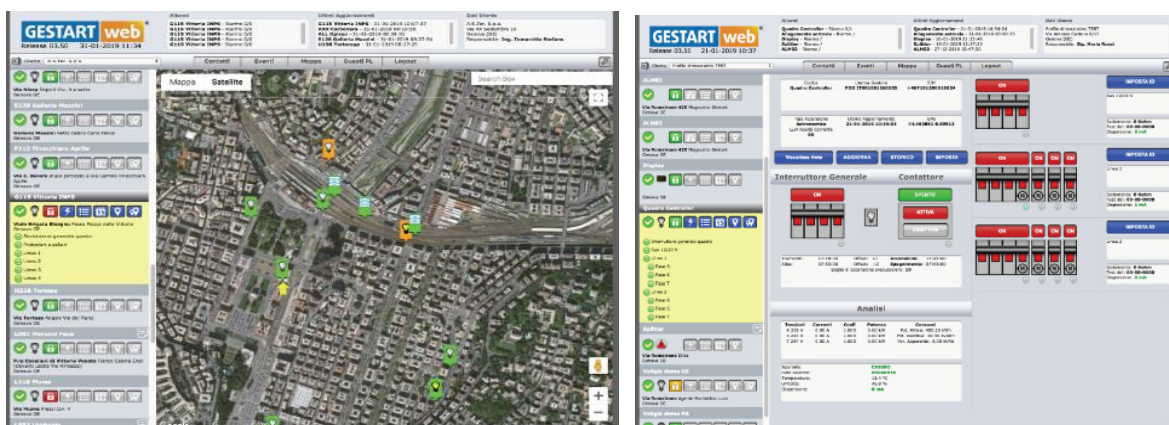
- TCP/IP: protocollo logico per tutto quello che oggi chiamiamo generalmente "Internet";
- GPRS: comunicazione a pacchetto su rete cellulare;
- SMS: comunicazione asincrona della rete GSM e UMTS.

La combinazione delle tre tecnologie e l'uso di protocolli di sicurezza (HTTPS, Firewall Datacenter, GSM end-to-end security) applicabili ai canali, ed al software in uso nell'architettura del sistema proposto garantiscono un **alto livello di affidabilità**. Tramite le reti GPRS/SMS è possibile lo scambio di informazioni tra i quadri elettrici e il software del sistema, e via internet/TCP-IP dal sistema verso gli utenti. Tutte le informazioni raccolte dai sensori, l'interrogazione dello stato delle varie componenti degli impianti e tutte le manovre attuate degli utenti sono archiviate sul server di; questi dati costituiscono il database funzionale del Controller.

6.1.2 SOFTWARE

L'applicativo web Controller (fornito con la modalità SaaS: Software as a Service) consente di **visualizzare sul monitor degli utenti la virtualizzazione grafica del quadro elettrico selezionato**, contestualmente all'indicazione degli stati dell'impianto in tempo reale. Inoltre, l'applicativo consente la visualizzazione dei parametri di accensione, dei parametri elettrici, compresi il valore della corrente di dispersione, consumi, sfasamento, assorbimenti, tensioni. L'ottimizzazione delle tecnologie indicate, dei moduli hardware di telecontrollo, unitamente alla programmazione evoluta, contribuiscono a mantenere una bassissima generazione di traffico dati: circa 2 MegaByte al mese per ogni quadro.

L'applicativo web Controller consente anche la **visualizzazione geolocalizzata su mappe degli impianti gestiti**. Questa funzionalità è molto importante poiché consente, tramite codici colore, di localizzare immediatamente gli impianti con problemi o stati diversi dalla normalità, e pone in evidenza il problema rilevato.



Tali funzioni diagnostiche unite alla possibilità di intervento a distanza riducono i tempi di inattività del servizio di manutenzione, consentendo un abbattimento del 70–80% dei disservizi generati sull'illuminazione pubblica e un conseguente e consistente contenimento dei costi manutentivi, a fronte di una erogazione più efficiente del servizio. L'affidabilità complessiva è notevolmente aumentata anche grazie alla capillare raccolta di dati operativi, indispensabile per un'efficace manutenzione preventiva.

Il sistema consente anche di **ottimizzare le accensioni e/o gli spegnimenti** degli impianti di illuminazione pubblica in relazione alla posizione georeferenziata dei quadri, con possibilità, comunque, di personalizzare i tempi di accensione e spegnimento da remoto tramite pianificazione gestita da web dall'utente.

Il controllo dei cicli di funzionamento, unitamente all'utilizzo dell'orologio astronomico e all'eliminazione dell'accensione diurna per la ricerca dei guasti, consente un risparmio energetico che può arrivare fino al 10%.



I dati provenienti dal database sono molteplici e per ogni singolo apparato installato in campo e telegestito è possibile effettuare **valutazioni approfondite** riferite alle condizioni elettriche e di funzionamento del sistema unitamente ad un riscontro puntuale sugli orari effettivi di accensione/spegnimento degli impianti e relativi consumi.

In forma tabellare il gestore potrà monitorare:

- orari effettivi di accensione e spegnimento degli impianti;
- eventuali assenze di rete elettrica non dipendenti dal quadro stesso (mancanza rete Enel);
- orari teorici ed effettivi di accensione impianti;
- riduzione/aumento dei tempi di funzionamento;
- storico dei parametri elettrici;
- anomalie nei consumi;

La **web-application Controller** è accessibile con un semplice browser (Chrome, Safari, Explorer ecc.) consente l'accesso via internet con protocollo TCP-IP e HTTPS. Si possono usare tutte le funzionalità della piattaforma di telecontrollo anche da smartphone o tablet con collegamento 3G/4G.

6.1.3 HARDWARE

Si prevede di installare un kit direttamente all'interno dei quadri esistenti al fine di aggiornare con una nuova tecnologia i quadri elettrici di illuminazione pubblica già installati.

Grazie all'accessibilità con App per smartphone Android/iOS/Windows e l'integrazione con il software Controller, il modulo presenta:

- orologio astronomico e/o interruttore crepuscolare nelle modalità: individuale, combinata e duale;
- lettura consumi elettrici: energia attiva e reattiva (dati rilevati direttamente dal gruppo di misura);
- attuatore di potenza a 230V_{CA} incorporato;
- modem 2G, 4-band integrato con orologio astronomico-crepuscolare;
- sonda crepuscolare digitale a cupola SDC01;
- alimentatore 230V_{CA} – 12V_{CC};

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche:

- dimensioni: sistema modulare per barra DIN, 3 moduli;
- materiali: polioossido di fenilene (PPO) autoestinguente;
- connettività: GSM/GPRS;
- alimentazione 12V_{CC};
- batteria tampone agli ioni di litio incorporata;
- modem: EGSM 850-900, 1800-1900 MHz, standard SIM;
- uscita: 1 con relè di potenza a 230V_{CA} incorporato;
- sensore luminosità: doppio canale 0,1 ... 40.000 lux.

Il modulo di telecontrollo installato è dotato di **orologio astronomico integrato**, che consente di realizzare risparmi energetici grazie a puntuali accensioni/spegnimenti degli impianti; l'orologio astronomico viene sincronizzato ai server NTP (Network Time Protocol) quotidianamente. Sono inoltre programmabili ritardi ed anticipi sull'orario tabellare in combinazione con le soglie di

luminosità rilevate dalla sonda digitale. Questo si concretizza in risparmi energetici ed evita la possibilità di avere impianti spenti in giornate con scarsa luminosità esterna.

L'analizzatore di rete elettrica impiegato nel sistema rende possibile il confronto fra quanto viene addebitato al Gestore degli impianti dal fornitore dell'energia e quanto gli analizzatori del quadro telecontrollato rilevano, ciò è fondamentale per un corretto controllo di gestione. La sonda a fotodiodi applicata sul gruppo misura riporta al sistema il dato istantaneo del consumo, consentendo un raffronto in tempo reale fra le due misure (quadro elettrico vs. fornitore energia), è caratterizzata inoltre da una precisione superiore rispetto agli apparecchi impiegati nei gruppi di misura dei fornitori di energia.

Il sistema sopra descritto svolge inoltre il ruolo della "sentinella" sugli impianti: in caso di guasti permanenti che si generano dal quadro elettrico vengono inviati gli allarmi al personale dedicato.

La qualità della fornitura di energia può compromettere gli impianti di illuminazione a LED; pertanto, conoscere i valori di tensioni, correnti, $\cos\phi$ e dell'energia assorbita, consente di tenere sotto controllo i costi, la qualità, così come di individuare da remoto l'evento di punti luce fuori servizio o furti di energia (allacci abusivi) lungo le linee.

7. INDICI PRESTAZIONALI PRE INTERVENTO

Il **DM 28 Marzo 2018 “Criteri Ambientali Minimi per l’affidamento del servizio di pubblica illuminazione”** (CAM servizi) ha introdotto sei indici prestazionali sul servizio di pubblica illuminazione, al fine di identificare, in modo sintetico e comprensibile, lo stato dell’impianto e quello del servizio. Questi sono:

- A – censimento dell’impianto;
- B – conformità normativa;
- C – riqualificazione energetica;
- D – riqualificazione urbana;
- E – sistemi intelligenti;
- F – gestione.

Ad ognuno di essi è associato un valore compreso da 1 a 5 sulla base di elementi oggettivi rilevati e misurati rispetto lo standard qualitativo richiesto dai CAM, come si evince dalle tabelle sottostanti.

Gli indici prestazionali possono essere utilizzati anche per definire gli obiettivi degli interventi da realizzare.

Infine, la valorizzazione dell’analisi, oltre che numericamente, può essere visualizzata anche attraverso un diagramma di Kiviat, che fornisce un’indicazione sintetica comprensibile della situazione complessiva dell’impianto.

Si riportano di seguito le tabelle che valorizzano l’attribuzione dei punteggi relativi a ciascun indice.

Si ricorda che, ai fini di questo documento, un valore dell’indice inferiore a 3 indica che l’aspetto cui è attribuito non raggiunge un livello di sufficienza e necessita di indagini più approfondite e di interventi migliorativi.

TABELLA A INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO CONOSCENZA DELL'IMPIANTO				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1.	rilievo dei punti luce	nessun rilievo	0	X
		censimento livello 1 parziale	1	
		censimento livello 1 completo	2	
		censimento livello 2 parziale	4	
		censimento livello 2 completo	6	
2.	rilievo dei quadri di alimentazione	nessun rilievo	0	X
		censimento livello 1 parziale	1	
		censimento livello 1 completo	2	
		censimento livello 2 parziale	4	
		censimento livello 2 completo	6	
3.	rilievo delle linee di alimentazione	nessun rilievo	0	X
		rilievo parziale	1	
		rilievo completo	2	
4.	rilievo degli ambiti illuminati	nessun rilievo	0	X
		rilievo parziale	1	
		rilievo completo	2	
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				0

Tabella 33

TABELLA B INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO CONFORMITA' NORMATIVA				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1.	Apparecchi illuminanti (integrità e funzionalità)	a norma meno del 20%	0	X
		a norma 20% ÷ 45%	1	
		a norma 45% ÷ 65%	2	

TABELLA B INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO CONFORMITA' NORMATIVA				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
		a norma 65% ÷ 80%	3	
		a norma 80% ÷ 90%	4	
		a norma 90% ÷ 95%	5	
		a norma più del 95%	6	
2.	Apparecchi illuminanti (Leggi Regionali)	a norma meno del 45%	0	X
		a norma 45% ÷ 80%	1	
		a norma più del 80%	2	
3.	Sostegni (integrità e sicurezza statica)	a norma meno del 45%	0	
		a norma 45% ÷ 65%	1	
		a norma 65% ÷ 80%	2	
		a norma 80% ÷ 90%	3	
		a norma 90% ÷ 95%	4	X
		a norma più del 95%	5	
4.	Quadri di alimentazione (integrità e sicurezza elettrica)	a norma meno del 50%	0	X
		a norma 50% ÷ 65%	1	
		a norma 65% ÷ 80%	2	
		a norma 80% ÷ 95%	3	
		a norma più del 95%	4	
5.	Alimentazione (promiscuità e carichi esogeni)	a norma meno del 50%	0	
		a norma 50% ÷ 75%	1	X
		a norma 75% ÷ 90%	2	
		a norma più del 90%	3	
6.	Cavidotti (integrità e agibilità)	a norma meno del 75%	0	X
		a norma più 75%	1	
7.	Linee di alimentazione e giunzioni	a norma meno del 90%	0	X
		a norma 90% ÷ 95%	1	
		a norma 95% ÷ 97%	2	
		a norma 97% ÷ 99%	3	
		a norma più del 99%	4	
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				1

Tabella 34

TABELLA C INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1.	Indice IPEA medio	Indice IPEA G o NC	0	
		Indice IPEA F	0	
		Indice IPEA E	0	
		Indice IPEA D	0	X
		Indice IPEA C	1	
		Indice IPEA B	2	
		Indice IPEA A	3	
		Indice IPEA A+	4	
		Indice IPEA A++	5	
		Indice IPEA A3+	6	
2.	Indice IPEI medio	Indice IPEI G o NC	0	
		Indice IPEI F	0	
		Indice IPEI E	0	
		Indice IPEI D	0	X
		Indice IPEI C	0	
		Indice IPEI B	1	
		Indice IPEI A	3	
		Indice IPEI A+	4	



**TABELLA C INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO
 RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**

	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
		Indice IPEI A++	5	
		Indice IPEI A3+	6	
3.	Sistemi di riduzione di flusso	su meno del 5% dei PL	0	X
		su 5% ÷ 50% dei PL	1	
		su 50% ÷ 75% dei PL	3	
		su più del 75% dei PL	4	
4.	Analisi della corretta illuminazione	su meno del 40% dei PL	0	X
		su 40% ÷ 80% dei PL	1	
		su più del 80% dei PL	2	
5.	kWh medio / anno / abitante	superiore a 120 kWh/yr/ab	0	
		fra 100 ÷ 120 kWh/yr/ab	1	
		fra 85 ÷ 100 kWh/yr/ab	2	
		fra 70 ÷ 85 kWh/yr/ab	3	X
		fra 60 ÷ 70 kWh/yr/ab	4	
		fra 50 ÷ 60 kWh/yr/ab	5	
		fra 40 ÷ 50 kWh/yr/ab	6	
		inferiore a 40 kWh/yr/ab	7	
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				0,5

Tabella 35

**TABELLA D INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO
 RIQUALIFICAZIONE URBANA**

	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1.	Integrazione con strumenti di pianificazione	no	0	X
		Piano della Luce parziale	2	
		Piano della Luce completo	3	
2.	Adozione all'interno del Regolamento Edilizio o Urbanistico di norme riguardanti l'illuminazione	no	0	X
		sì	2	
3.	Analisi e mitigazione degli effetti di abbagliamento	no	0	X
		molesto o illuminazione intrusiva	2	
4.	Analisi impatto sociale illuminazione	no	0	X
		sì	2	
5.	Caratterizzazione delle aree a valenza architettonica ed urbana con progetti ad hoc	su meno del 5% delle aree	0	
		su 5% ÷ 50% delle aree	1	X
		su 50% ÷ 75% delle aree	2	
		su più del 75% delle aree	3	
6.	Adozione di parametri di qualità per la progettazione dell'impianto, come colore della luce, resa cromatica, diffusione luminosa, ecc.	su meno del 5% dei PL	0	
		su 5% ÷ 50% dei PL	1	X
		su 50% ÷ 75% dei PL	2	
		su più del 75% dei PL	3	
7.	Utilizzo professionisti illuminotecnici	no	0	X
		urbanistici, ambientali, ecc. coordinati fra loro	3	
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				0,5

Tabella 36

TABELLA E INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO SISTEMI INTELLIGENTI				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1	Implementazione telecontrollo (monitoraggio da remoto dei quadri o dei punti luce)	nessun quadro o nessun punto luce		X
		su almeno il 25% dei PL o su almeno il 50% dei quadri di alimentazione		
		su almeno il 50% dei PL o su almeno il 75% dei quadri di alimentazione su almeno il 75% dei PL		
2	Implementazione telegestione (gestione da remoto dei quadri o dei punti luce)	nessun quadro o nessun punto luce	0	X
		gestione di almeno il 50% dei quadri di alimentazione	1	
		gestione di almeno il 50% dei PL ed almeno il 75% dei quadri di alimentazione	2	
		gestione di almeno il 75% dei PL ed almeno il 100% dei quadri di alimentazione	4	
3	Regolazione dei punti luce	nessuna regolazione	0	
		regolazione stand - alone attraverso profili preimpostati	1	X
		regolazione attraverso profili riprogrammabili da quadro o per singolo punto luce	2	
		regolazione TAI o FAI adattiva	4	
4	Servizi a valore aggiunto	nessuna possibilità di aggiungere servizi a valore aggiunto su impianto IP	0	X
		possibilità di aggiungere servizi a valore aggiunto su impianto IP ma ancora nessun servizio	1	
		implementazione di servizi a valore aggiunto in alcune parti del territorio	2	
		implementazione di servizi a valore aggiunto diffusi su tutto il territorio	3	
5	Integrazione dei servizi a valore aggiunto	nessuna integrazione	0	X
		utilizzo del sistema di alimentazione degli impianti di IP	1	
		utilizzo di sistema di alimentazione autonomo	3	
6	Scalabilità	nessuna scalabilità dei servizi	0	X
		utilizzo di protocollo di comunicazione proprietario	1	
		utilizzo di protocollo di comunicazione aperto e mappe di memoria aperte per i dispositivi IP	3	
7	Interoperabilità	nessuna possibilità di integrazione	0	X
		possibilità di integrazione con sensoristica ad hoc, ma ancora nessuna realizzazione	1	
		integrazione con sensoristica ad hoc in alcune parti del territorio	2	
		integrazione con dispositivi e/o sensori già presenti in alcune parti del territorio	3	
		integrazione con dispositivi e/o sensori già presenti in tutto il territorio	4	
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				0

Tabella 37

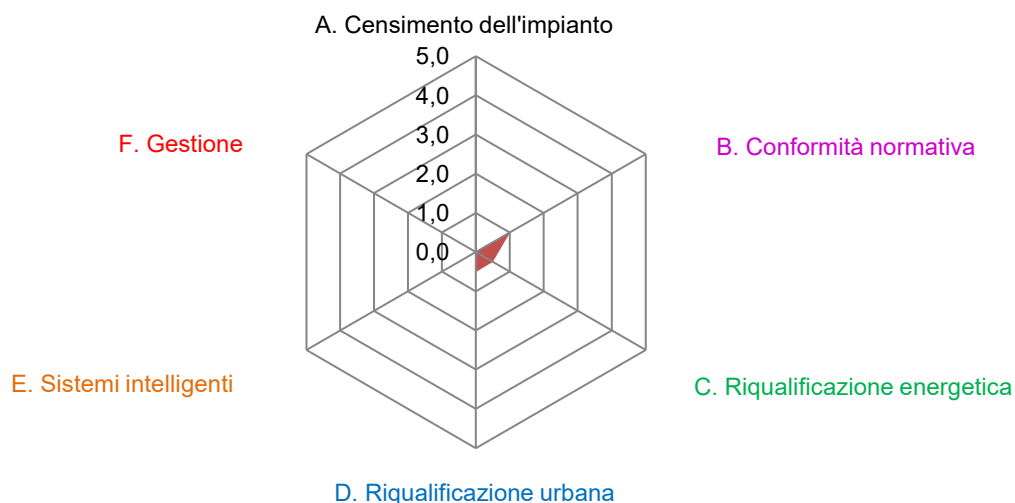
TABELLA F INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO GESTIONE				
	Tipologia	Descrizione	Punteggi	Valutazione
1	Livello di gestione	Al di sotto del Livello 1	0	X
		Livello 1 o comparabile	2	
		Livello 2 o comparabile	5	
		Livello 3 o comparabile	9	
2	Manutenzione	Man. str. cons. assente	0	X
		Man. str. cons. parziale	1	
		Man. str. cons. completa	3	



TABELLA F INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO GESTIONE				
	Tipologia	Descrizione	Punteggi o	Valutazio ne
3	Call center	nessuno	0	X
.		call center 12h	1	
		call center 24h	2	
4	Gestione sinistri	nessuna	0	X
.		gestione completa	2	
5	Reperibilità e pronto intervento	nessuno	0	X
.		reperibilità e pronto intervento	2	
6	Sistema informativo	nessuno	0	X
.		livello base	1	
		livello avanzato	2	
7	Energy management	nessuno	0	X
.		audit energetico annuale sull'andamento dei consumi	1	
		audit energetico annuale sull'andamento dei consumi e proposte di riqualificazione energetica	3	
8	Database e sistema cartografico	nessuno	0	X
.		aggiornamento delle informazioni del database	1	
		aggiornamento delle informazioni del database e georeferenziazione dei componenti	2	
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				0

Tabella 38

La rappresentazione delle analisi prestazionali viene effettuata attraverso il diagramma di Kiviat, che fornisce un'indicazione sintetica della situazione complessiva attuale dell'impianto:



Sulla base dell'analisi del diagramma è possibile determinare gli aspetti che necessitano maggiormente di indagini più approfondite e di interventi migliorativi.

8. INDICI PRESTAZIONALI POST INTERVENTO

TABELLA A INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO CONOSCENZA DELL'IMPIANTO				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	
1.	rilievo dei punti luce	nessun rilievo	0	
		censimento livello 1 parziale	1	
		censimento livello 1 completo	2	x
		censimento livello 2 parziale	4	
		censimento livello 2 completo	6	
2.	rilievo dei quadri di alimentazione	nessun rilievo	0	
		censimento livello 1 parziale	1	
		censimento livello 1 completo	2	x
		censimento livello 2 parziale	4	
		censimento livello 2 completo	6	
3.	rilievo delle linee di alimentazione	nessun rilievo	0	
		rilievo parziale	1	
		rilievo completo	2	x
4.	rilievo degli ambiti illuminati	nessun rilievo	0	
		rilievo parziale	1	
		rilievo completo	2	x
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				5

Tabella 39

TABELLA B INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO CONFORMITA' NORMATIVA				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1.	Apparecchi illuminanti (integrità e funzionalità)	a norma meno del 20%	0	
		a norma 20% ÷ 45%	1	
		a norma 45% ÷ 65%	2	
		a norma 65% ÷ 80%	3	
		a norma 80% ÷ 90%	4	
		a norma 90% ÷ 95%	5	
		a norma più del 95%	6	x
2.	Apparecchi illuminanti (Leggi Regionali)	a norma meno del 45%	0	
		a norma 45% ÷ 80%	1	
		a norma più del 80%	2	x
3.	Sostegni (integrità e sicurezza statica)	a norma meno del 45%	0	
		a norma 45% ÷ 65%	1	
		a norma 65% ÷ 80%	2	
		a norma 80% ÷ 90%	3	
		a norma 90% ÷ 95%	4	
		a norma più del 95%	5	x
4.	Quadri di alimentazione (integrità e sicurezza elettrica)	a norma meno del 50%	0	
		a norma 50% ÷ 65%	1	
		a norma 65% ÷ 80%	2	
		a norma 80% ÷ 95%	3	
		a norma più del 95%	4	x
5.	Alimentazione (promiscuità e carichi esogeni)	a norma meno del 50%	0	
		a norma 50% ÷ 75%	1	
		a norma 75% ÷ 90%	2	
		a norma più del 90%	3	x
6.	Cavidotti (integrità e agibilità)	a norma meno del 75%	0	
		a norma più 75%	1	x
7.	Linee di alimentazione e giunzioni	a norma meno del 90%	0	
		a norma 90% ÷ 95%	1	x

**TABELLA B INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO
CONFORMITA' NORMATIVA**

Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
	a norma 95% ÷ 97%	2	
	a norma 97% ÷ 99%	3	x
	a norma più del 99%	4	
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE			5

Tabella 40

**TABELLA C INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO
RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**

Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1. Indice IPEA medio	Indice IPEA G o NC	0	
	Indice IPEA F	0	
	Indice IPEA E	0	
	Indice IPEA D	0	
	Indice IPEA C	1	
	Indice IPEA B	2	
	Indice IPEA A	3	
	Indice IPEA A+	4	
	Indice IPEA A++	5	
	Indice IPEA A3+	6	x
2. Indice IPEI medio	Indice IPEI G o NC	0	
	Indice IPEI F	0	
	Indice IPEI E	0	
	Indice IPEI D	0	
	Indice IPEI C	0	
	Indice IPEI B	1	
	Indice IPEI A	3	
	Indice IPEI A+	4	
	Indice IPEI A++	5	
	Indice IPEI A3+	6	x
3. Sistemi di riduzione di flusso	su meno del 5% dei PL	0	
	su 5% ÷ 50% dei PL	1	
	su 50% ÷ 75% dei PL	3	
	su più del 75% dei PL	4	x
4. Analisi della corretta illuminazione	su meno del 40% dei PL	0	
	su 40% ÷ 80% dei PL	1	
	su più del 80% dei PL	2	x
5. kWh medio / anno / abitante	superiore a 120 kWh/yr/ab	0	
	fra 100 ÷ 120 kWh/yr/ab	1	
	fra 85 ÷ 100 kWh/yr/ab	2	
	fra 70 ÷ 85 kWh/yr/ab	3	
	fra 60 ÷ 70 kWh/yr/ab	4	
	fra 50 ÷ 60 kWh/yr/ab	5	
	fra 40 ÷ 50 kWh/yr/ab	6	
	inferiore a 40 kWh/yr/ab	7	x
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE			5

Tabella 41

**TABELLA D INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO
RIQUALIFICAZIONE URBANA**

Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1. Integrazione con strumenti di pianificazione	no	0	
	Piano della Luce parziale	2	

TABELLA D INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO RIQUALIFICAZIONE URBANA				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
		Piano della Luce completo	3	x
2.	Adozione all'interno del Regolamento Edilizio	no	0	
	o Urbanistico di norme riguardanti l'illuminazione	sì	2	x
3.	Analisi e mitigazione degli effetti di abbagliamento	no	0	
	molesto o illuminazione intrusiva	sì	2	x
4.	Analisi impatto sociale illuminazione	no	0	
		sì	2	x
5.	Caratterizzazione delle aree a valenza architettonica	su meno del 5% delle aree	0	
	ed urbana con progetti ad hoc	su 5% ÷ 50% delle aree	1	
		su 50% ÷ 75% delle aree	2	
		su più del 75% delle aree	3	x
6.	Adozione di parametri di qualità per la progettazione	su meno del 5% dei PL	0	
	dell'impianto, come colore della luce, resa cromatica,	su 5% ÷ 50% dei PL	1	
	diffusione luminosa, ecc.	su 50% ÷ 75% dei PL	2	
		su più del 75% dei PL	3	x
7.	Utilizzo professionisti illuminotecnici	no	0	
	urbanistici, ambientali, ecc. coordinati fra loro	sì	3	x
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				5

Tabella 42

TABELLA E INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO SISTEMI INTELLIGENTI				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
1.	Implementazione telecontrollo	nessun quadro o nessun punto luce	0	
	(monitoraggio da remoto dei quadri o dei punti luce)	su almeno il 25% dei PL o su almeno il 50% dei quadri di alimentazione	1	
		su almeno il 50% dei PL o su almeno il 75% dei quadri di alimentazione	2	x
		su almeno il 75% dei PL	3	
2.	Implementazione telegestione	nessun quadro o nessun punto luce	0	
	(gestione da remoto dei quadri o dei punti luce)	gestione di almeno il 50% dei quadri di alimentazione	1	
		gestione di almeno il 50% dei PL ed almeno il 75% dei quadri di alimentazione	2	
		gestione di almeno il 75% dei PL ed almeno il 100% dei quadri di alimentazione	4	x
3.	Regolazione dei punti luce	nessuna regolazione	0	
		regolazione stand - alone attraverso profili preimpostati	1	
		regolazione attraverso profili riprogrammabili da quadro o per singolo punto luce	2	x
		regolazione TAI o FAI adattiva	4	
4.	Servizi a valore aggiunto	nessuna possibilità di aggiungere servizi a valore aggiunto su impianto IP	0	
		possibilità di aggiungere servizi a valore aggiunto su impianto IP ma ancora nessun servizio	1	
		implementazione di servizi a valore aggiunto in alcune parti del territorio	2	x
		implementazione di servizi a valore aggiunto diffusi su tutto il territorio	3	
5.	Integrazione dei servizi a valore aggiunto	nessuna integrazione	0	
		utilizzo del sistema di alimentazione degli impianti di IP	1	x



TABELLA E INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO SISTEMI INTELLIGENTI				
	Tipologia	Descrizione	Punteggio	Valutazione
6	Scalabilità	utilizzo di sistema di alimentazione autonomo	3	
		nessuna scalabilità dei servizi	0	
		utilizzo di protocollo di comunicazione proprietario	1	x
7	Interoperabilità	utilizzo di protocollo di comunicazione aperto e mappe di memoria aperte per i dispositivi IP	3	
		nessuna possibilità di integrazione	0	
		possibilità di integrazione con sensoristica ad hoc, ma ancora nessuna realizzazione	1	x
		integrazione con sensoristica ad hoc in alcune parti del territorio	2	
		integrazione con dispositivi e/o sensori già presenti in alcune parti del territorio	3	
		integrazione con dispositivi e/o sensori già presenti in tutto il territorio	4	
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				2,5

Tabella 43

TABELLA F INDICE PRESTAZIONALE IMPIANTO GESTIONE				
	Tipologia	Descrizione	Punteggi o	Valutazio ne
1 .	Livello di gestione	Al di sotto del Livello 1	0	
		Livello 1 o comparabile	2	
		Livello 2 o comparabile	5	
		Livello 3 o comparabile	9	x
2 .	Manutenzione	Man. str. cons. assente	0	
		Man. str. cons. parziale	1	
		Man. str. cons. completa	3	x
3 .	Call center	nessuno	0	
		call center 12h	1	
		call center 24h	2	x
4 .	Gestione sinistri	nessuna	0	
		gestione completa	2	x
5 .	Reperibilità e pronto intervento	nessuno	0	
		reperibilità e pronto intervento	2	x
6 .	Sistema informativo	nessuno	0	
		livello base	1	
		livello avanzato	2	x
7 .	Energy management	nessuno	0	
		audit energetico annuale sull'andamento dei consumi	1	
		audit energetico annuale sull'andamento dei consumi e proposte di riqualificazione energetica	3	x
8 .	Database e sistema cartografico	nessuno	0	
		aggiornamento delle informazioni del database	1	
		aggiornamento delle informazioni del database e georeferenziazione dei componenti	2	x
TOTALE PUNTEGGIO E VALUTAZIONE ATTUALE				5

Tabella 44

Confronto risultati ex ante – ex post

Di seguito si raffigura un raffronto di facile lettura che permette di paragonare lo stato attuale con quello futuro, sottolineando nuovamente la validità tecnica-gestionale della proposta ed il salto di qualità a livello tecnico e manutentivo.

INDICE PRESTAZIONALE	TIPOLOGIA DI PRESTAZIONI	PUNTEGGIO RIPARAMETRATO ANTE	PUNTEGGIO RIPARAMETRATO POST
A	Censimento dell'impianto	0,0	5,0
B	Conformità normativa	1,0	5,0
C	Riqualificazione energetica	0,5	5,0
D	Riqualificazione urbana	0,5	5,0
E	Sistemi intelligenti	0,0	2,5
F	Gestione	0,0	5,0

Tabella 45

