



PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA RETE DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Procedura aperta telematica per l'affidamento in concessione, tramite finanza di progetto di cui all'art. 183, comma 15 del D.Lgs. 50/2016, del servizio di gestione, manutenzione e riqualificazione degli impianti di pubblica illuminazione e predisposizione degli stessi ai servizi di "Smart Cities nel Comune di Olginate"

Comune di **OLGINATE (LC)**

Progetto **ESECUTIVO**

Titolo elaborato **RELAZIONE ILLUMINOTECNICA**

 **acinque**

Acinque Tecnologie S.p.A.
Electrical & Lighting Engineering
Sede legale:
Via Antonio Canova, 3 - 20900 Monza (MB)
Sede amministrativa:
Via Pietro Stazzi, 2 - 22100 Como (CO)
www.gruppoacinque.it - www.acinque.it

Progettista



Codice elaborato

2

Revisione **REV.01**

Data **GENNAIO 2026**

File: **2_Relazione_illuminotecnica**

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

Sommario

Premessa	2
1. Sintesi metodologica del progetto illuminotecnico	3
1.1 Progettazione illuminotecnica e classificazione stradale.....	4
1.1.1 Classificazione illuminotecnica d'ingresso	6
1.1.2 Analisi dei rischi	7
1.1.3 Classificazione illuminotecnica di progetto	8
1.1.4 Classificazione illuminotecnica di esercizio.....	8
2. Valutazioni illuminotecniche	9
2.1 Coefficiente di manutenzione	9
2.2 La tecnologia del CLO per il degradamento dei flussi luminosi	10
2.3 Temperatura di colore della luce	11
2.4 Curve fotometriche certificate	11
2.5 Software di calcolo	11
3. Verifica dei parametri illuminotecnici	12
3.1 Riduzione dell'inquinamento luminoso	13
3.1.1 Corpi illuminanti full cut-off	14
4. Elenco codici apparecchi di progetto	15

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

Premessa

La presente relazione ha la finalità di descrivere il progetto, i criteri operativi e i riferimenti normativi relativi al **progetto illuminotecnico** redatto per la riqualificazione dell'illuminazione pubblica del Comune di Olginate.

I contenuti di questa relazione seguono le logiche delle norme di cui al prospetto seguente.

Tabella 1 Principali riferimenti normativi per la progettazione illuminotecnica

Norma Uni 11248:2016 – Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche
Norma Uni 13201:2016 - 2 – illuminazione stradale – parte 2: requisiti prestazionali
Norma Uni 13201:2016 - 3 – illuminazione stradale – parte 3: calcolo delle prestazioni
Norma Uni 13201:2016 - 4 – illuminazione stradale– parte 4: metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche
Norma Uni 13201:2016-5 – illuminazione stradale – parte 5: indicatori di prestazione energetica
Norma Uni 11726:2018-9 – Progettazione illuminotecnica degli attraversamenti pedonali nelle strade con traffico motorizzato
Norma Uni 11630:2016 – Luce e illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico
Norma Uni 40:2013 – Pali per l'illuminazione pubblica
Norma Uni 11431:2021 – Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso
Norma Uni 11356:2010 – Luce e Illuminazione – Caratterizzazione fotometrica degli apparecchi di illuminazione LED
Norma ISO CIE TS 22012 - <i>Light and lighting — Maintenance factor determination — Way of working.</i>
Criteri ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica l'acquisizione di apparecchi per l'illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione impianti per illuminazione pubblica 2017
Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione – Criteri Ambientali minimi per il servizio di illuminazione pubblica - 2018
Legge 10 del 09/01/1991 – Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia
Dlgs 285 del 30/04/1992 – Nuovo Codice della Strada
DM 6792 del 5/11/2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione, il controllo e il collaudo delle strade, dei relativi impianti e servizi
Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 12/04/95 – Direttive per la redazione, l'adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico
Dlgs 151 del 25/07/2005 – Attuazione delle direttive 2002/95/CE, 2002/96/CE, 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche nonché allo smaltimento dei rifiuti
D.Lgs. 27/09/2017 n 244 “Criteri ambientali minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per l'illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per l'illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per l'illuminazione pubblica”

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

Con l'obiettivo della messa a norma degli impianti d'illuminazione, il progetto illuminotecnico garantisce i livelli di illuminamento minimi richiesti dalle normative di settore, ove la geometria dell'impianto lo consente.

Si prevede pertanto, l'adeguamento, ovunque possibile, degli impianti di illuminazione esistenti, anche in considerazione della compatibilità delle opere con il contesto urbano, stratificato e plurale, e con gli aspetti economici definiti nella precedente fase progettuale.

Sono quindi esposti i risultati delle scelte progettuali relative agli apparecchi d'illuminazione, le performance illuminotecniche ed energetiche attese e il processo di verifica che porta all'individuazione delle corrette potenze da installare in relazione al "fabbisogno di luce" dei tratti stradali e delle aree del Comune, divisi in zone di traffico omogenee.

1. Sintesi metodologica del progetto illuminotecnico

Il primo approccio alla riqualificazione avviene attraverso la divisione del territorio in **zone di traffico omogenee**. Queste zone sono a loro volta suddivise in zone di studio che riflettono le differenti **caratteristiche geometriche e installative definite dal rapporto centro luminoso-area illuminata**. In ogni zona di studio, grazie all'utilizzo di un software di simulazione, vengono testate tutte le ottiche fotometriche a disposizione per il modello prescelto, per ogni salto di potenza disponibile, fino a individuare quella che soddisfa tutti i requisiti della zona omogenea. L'ottica fotometrica e la potenza utilizzata sono assegnate al nuovo centro luminoso.

La sostituzione delle armature dotate di sorgenti tradizionali con armature a LED, o dove possibile, la sostituzione della sola sorgente con piastra a LED, permette l'adeguamento normativo ai livelli di illuminazione minima delle carreggiate stradali prescritti dalla *Norma UNI 13201-2*, minimizzando i consumi energetici e quindi massimizzando la prestazione energetica dell'impianto. Ciò è possibile anche grazie all'utilizzo di ottiche fotometriche specifiche per ogni ambito d'installazione, dalla strada carrabile alle grandi aree, dalle zone pedonali a quelle verdi.

Le sorgenti tradizionali, come le lampade a incandescenza o fluorescenti, disperdono una parte considerevole dell'energia sotto forma di calore, i corpi illuminanti con sorgente LED, invece, convertono la maggior parte dell'energia in flusso luminoso. Quest'ultimo, poi, grazie alle flessibilità delle ottiche impiegate è direzionato unicamente verso le superfici utili. Questi aspetti si traducono in una **maggiore efficienza energetica** che, nei corpi illuminanti scelti arriva fino a **193,3 lm/W**. L'indice IPEA* più basso dell'impianto riqualificato è A3+.

Tutti i nuovi corpi illuminanti funzionali (illuminazione stradale e ciclo-pedonale) presentano l'elemento di chiusura del vano ottico in vetro temperato trasparente. Questa caratteristica permette una diffusione della luce estremamente omogenea e priva di distorsioni, garantendo una resa cromatica ottimale. Il vetro, infatti, è un materiale altamente resistente agli agenti atmosferici, mantiene le sue proprietà ottiche intatte nel tempo e riduce la necessità di manutenzione frequente.

In generale, tutti i moduli LED degli apparecchi hanno cluster ottico in PMMA (polimetilmetacrilato) che consente l'uniformità dell'emissione luminosa massimizzando il comfort visivo e superando il problema dell'abbagliamento puntiforme tipico delle sorgenti LED (sistema low-glare). Queste lenti presentano un'eccezionale trasparenza, con una trasmittanza luminosa superiore al 92%, garantendo così una

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

diffusione omogenea e ottimale della luce. Anche il PMMA è altamente resistente agli agenti atmosferici, come i raggi UV, l'umidità e le variazioni di temperatura, assicurando una lunga durata e una ridotta manutenzione.

Queste caratteristiche contribuiscono a migliorare l'efficienza energetica e la sostenibilità delle soluzioni di illuminazione pubblica, rendendole più ecocompatibili e performanti.

Le caratteristiche dei nuovi corpi illuminanti sono riportate nelle schede tecniche di cui all'*Allegato 1.3* della *Relazione Generale*.

1.1 Progettazione illuminotecnica e classificazione stradale

L'individuazione degli standard illuminotecnici di un impianto d'illuminazione deriva dall'analisi dei rischi. **L'analisi dei rischi è svolta per ogni zona di traffico omogenea** individuate all'interno di un ambito. Le zone di traffico omogenee corrispondono ai tratti di strada illuminati che condividono le medesime caratteristiche geometriche e di traffico; a queste zone è assegnata una classificazione d'ingresso.

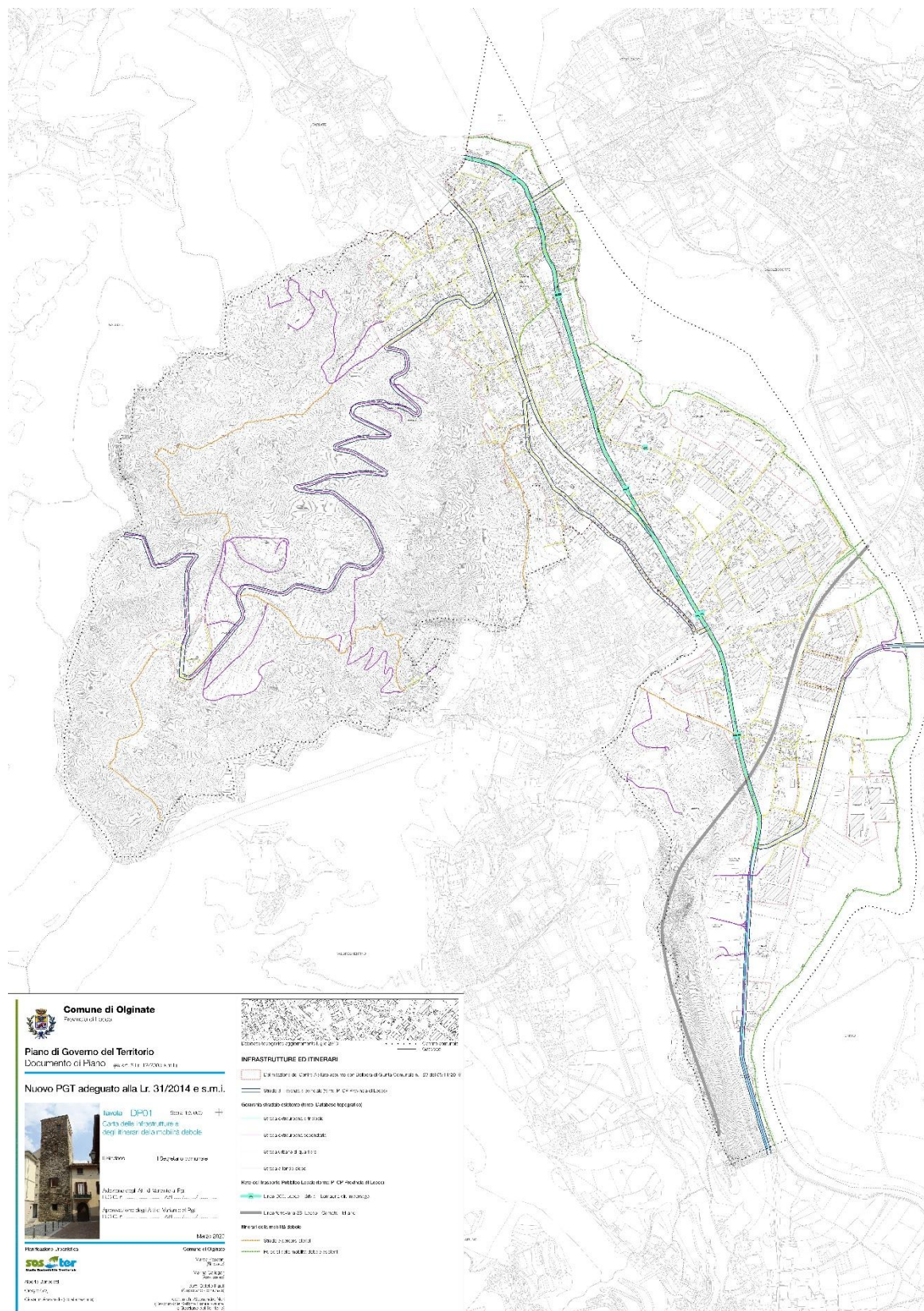
La **gerarchizzazione della rete stradale** di Olginate è riportata all'interno del **P.G.T.** (*Piano di Governo del Territorio*)

<i>Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.</i>	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

**COMUNE DI
OLGINATE (LC)**

RELAZIONE ILLUMINOTECNICA

Figura 1 Tavola DP01 “Carta delle infrastrutture e degli itinerari della mobilità debole



Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

1.1.1 Classificazione illuminotecnica d'ingresso

La **Norma UNI 11248:2016** individua una categoria illuminotecnica di ingresso per ogni tipologia di strada identificata secondo il **Capitolo 2** delle **NORME FUNZIONALI E GEOMETRICHE PER LA COSTRUZIONE DELLE STRADE** (D.M. 5/11/2001, n. 6792). La definizione delle categorie illuminotecniche avviene tramite una procedura associativa basata sul **Prospetto 2 "Individuazione delle categorie illuminotecniche d'ingresso per l'analisi dei rischi"**.

Tabella 2 Norma UNI 11248:2016 - Prospetto 2 "Individuazione delle categorie illuminotecniche d'ingresso per l'analisi dei rischi"

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limite di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica d'ingresso
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)	70 - 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 – 90	M2
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
D	Strade urbane di scorrimento	70	M2
		50	
	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	70 - 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		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, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
		30	C4/P2
F bis	Itinerari ciclo-pedonali (Legge 214 del 1° agosto 2003)	-	P2
	Strade a destinazione particolare (DM 6792 del 5/11/2001)	30	P2

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

Nel prospetto sono distinte le **tipologie stradali** per numero di carreggiate indipendenti, sensi, corsie di marcia e relativi limiti di velocità (es.: strade extraurbane principali, strade urbane di quartiere, strade locali urbane ecc.). **A ogni tipologia corrisponde una categoria di ingresso.** Queste possono essere suddivise, a loro volta, in tre macrocategorie che differiscono in termini di tipologia di utenti delle zone di studio. La tipologia di utente principale della strada, inteso come principale fruitore della zona di studio, definisce la distinzione tra le categorie.

Le **categorie “P” per le zone a traffico promiscuo**, per parcheggi, aree verdi e centro storico, le **“C” per le aree di conflitto quali incroci, rotatorie e intersezioni**, e le **“M” per le aree in prevalenza carrabili**, i cui valori minimi sono definiti dalla *Norma UNI 13201*. Le aree di conflitto sono definite dal *Capitolo 3 della Norma UNI 11248:2016* come “zona della strada nella quale i flussi di traffico motorizzato si intersecano tra loro o si sovrappongono con zone frequentate da tipi diversi di utenti”.

La classificazione illuminotecnica di ingresso del Progetto Esecutivo è indicata nell'elaborato *6.1_Class_ingresso*.

1.1.2 Analisi dei rischi

L'analisi dei rischi prende in considerazione tutti quei parametri che influiscono sul **mantenimento della sicurezza stradale**, per ogni zona individuata. Nei *Prospetti 2 e 3 del cap. 8.3 della Norma UNI 11248:2016* si considera un valore tra 0 e 1 per ogni parametro d'influenza. La somma dei valori definisce la categoria illuminotecnica di progetto. In questo modo, la categoria illuminotecnica di progetto risulta più bassa o tutt'al più uguale a quella di ingresso per valori tutti uguali a 0 (trattasi di un tipo di analisi sottrattiva). I parametri di influenza utilizzati per effettuare l'analisi dei rischi sono suddivisi in due macrocategorie:

- 1 parametri di influenza costanti nel tempo;
- 2 parametri di influenza variabili nel tempo.

I parametri di influenza costanti nel tempo determinano la categoria illuminotecnica di progetto, essi sono stati valutati sulla base del rilievo effettuato in loco insieme alle caratteristiche tecniche dei nuovi corpi illuminanti selezionati. **I parametri variabili determinano la categoria illuminotecnica di esercizio** derivandola da quella di progetto in considerazione dei dati dinamici legati alle condizioni del traffico stradale durante l'intera giornata. La categoria di esercizio ottenuta considera la possibilità di ridurre la potenza o il flusso dell'apparecchio (e quindi i consumi) durante le ore notturne in relazione alle condizioni del traffico.

L'analisi dei rischi e le conseguenti classificazioni di progetto ed esercizio ottenute per il progetto illuminotecnico scaturiscono dalle informazioni contenute nel **Progetto Definitivo**, a loro volta desunte dall'elaborato grafico *“Tavola 1. Individuazione delle categorie illuminotecniche di progetto”* posto a base di gara, delle quali costituiscono un approfondimento.

I risultati dell'analisi dei rischi con le categorie illuminotecniche di progetto ed esercizio sono riportati per esteso, per ogni zona di traffico omogenea, nell'*Allegato 2.1*.

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

1.1.3 Classificazione illuminotecnica di progetto

Le categorie illuminotecniche di progetto definiscono i requisiti illuminotecnici da rispettare nel dimensionamento dell'impianto.

Dall'analisi dei rischi con i parametri di influenza costanti nel tempo, scaturisce la categoria illuminotecnica di progetto. I parametri d'influenza valutabili nel lungo periodo determinano la categoria illuminotecnica di progetto. I parametri, elencati dal *Prospetto 2 del capitolo 8.3 della Norma UNI 11248:2016*, sono riportati di seguito.

Tabella 3 Parametri d'influenza costanti nel tempo

Parametro d'influenza	Riduzione massima della categoria d'ingresso
Complessità del campo visivo	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto	1
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1

A seguito dell'analisi, **tutte le strade sono state declassata fino a un massimo di una categoria**. Le categorie di progetto ottenute corrispondono generalmente a quelle previste dal Progetto Definitivo. Si ottengono in progetto le seguenti categorie: C2, C3, C4, M3, M4, M5, P2, P3, P4, P7.

I risultati dell'analisi dei rischi sulle strade del Comune sono riportati, per ogni tratto stradale illuminato, nell'*Allegato 2* a questa relazione nonché nell'elaborato grafico 6.2_ *Class_progetto*.

1.1.4 Classificazione illuminotecnica di esercizio

I parametri di influenza variabili nel tempo determinano la categoria illuminotecnica di esercizio derivandola da quella di progetto. I parametri sono elencati dal *Prospetto 3 del capitolo 8.3 della Norma Uni 11248:2016*.

Tabella 4 Parametri d'influenza variabili nel tempo

Parametro d'influenza	Riduzione massima della categoria d'ingresso
Flusso orario di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1

Le categorie illuminotecniche di esercizio riflettono le **possibilità di regolazione dell'illuminazione artificiale su base oraria**. Poiché i flussi di traffico, durante le ore notturne, decrescono, è possibile di conseguenza diminuire i livelli d'illuminazione e quindi le classi illuminotecniche.

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	GENNAIO 2026 REV. 01

Regione Lombardia, con *Legge del 5 ottobre 2015, n. 31* prescrive per impianti di illuminazione pubblica efficientati una riduzione delle potenze (e quindi delle emissioni), entro la mezzanotte, di almeno il 30% oltre che l'impiego di corpi illuminati resa di colore maggiore o uguale a 60.

Per le valutazioni appena descritte e in accordo con quanto previsto nel Progetto Definitivo è quindi possibile prevedere, in esercizio, un declassamento di tutte le categorie ottenendo le classi C3, C4, C5, M4, M5, M6, P3, P4, P5, P7.

La classificazione illuminotecnica di esercizio oltre ad essere indicata nell'*Analisi dei rischi* è rappresentata anche nell'elaborato grafico 6.3 *Class_esercizio*.

2. Valutazioni illuminotecniche

2.1 Coefficiente di manutenzione

Nel corso della vita di un impianto di illuminazione, il livello di illuminazione iniziale decresce progressivamente: la riduzione è dovuta a fattori ambientali, gestionali e di invecchiamento dei sistemi. Nella progettazione degli impianti di illuminazione è pertanto necessario prendere in considerazione questi fattori e predisporre un adeguato piano di manutenzione che consenta di limitare il deprezzamento dell'impianto. 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*" o 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 di uso dell'impianto e l'illuminamento medio (o luminanza media) quando l'impianto è nuovo.

Nel progetto illuminotecnico questo fattore, che risulta sempre minore di 1, viene applicato ai risultati del calcolo per far sì che l'impianto, anche nel momento peggiore, risulti sempre conforme ai requisiti normativi. Seguendo una pratica ormai consolidata (si veda la CIE 154:2003) è possibile ricondurre la perdita complessiva di illuminamento (o luminanza) a tre diversi fattori:

- 1 riduzione di flusso dovuta all'insudiciamento dell'apparecchio, espressa dal fattore di manutenzione parziale LMF (*Luminaire Maintenance Factor*);
- 2 riduzione di flusso dovuta all'invecchiamento della sorgente luminosa, espressa dal fattore di manutenzione parziale LLMF (*Lamp Lumen Maintenance Factor*);
- 3 riduzione di flusso dovuta alla rottura di una o più sorgenti all'interno dell'apparecchio, espressa dal fattore di manutenzione parziale LSF (*Lamp Survival Factor*).

È quindi possibile definire un fattore di manutenzione MF(t) attraverso i fattori parziali nel seguente modo:

$$FM(t) = LMF(t) * LLMF(t) * LSF(t)$$

Dove:

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

MF	Fattore di manutenzione	
LLMF	Coefficiente di deprezzamento del flusso luminoso della sorgente	f_{LF}
LSF	Coefficiente di sopravvivenza della sorgente	F_S
LMF	Coefficiente di deprezzamento dell'apparecchio	f_{LM}

I Coefficienti di Manutenzione applicati ai calcoli illuminotecnici derivano dal Progetto Definitivo.

Calcolo del coefficiente di manutenzione per gli apparecchi tipo Lumistreet, Clearflood, TownTune Lyre, Villa Led

Dati relativi alle condizioni dell'apparecchio LED	
Vita utile apparecchio LED (ore)	100.000
Percentuale flusso residuo (L)	90
Ciclo di pulizia apparecchio (anni)	3
Tipologia apparecchio	IP6X
CLO	Si
Dati relativi alle condizioni ambientali	
Ore di utilizzo annuo (giorni/anno)	4.125
Vita utile impianto (anni)	20
Vita utile impianto (ore)	82.220
Livello d'inquinamento	Basso ¹
Fattore di Manutenzione	
Fattore di decadimento del flusso (f_{LF})	1
Fattore mortalità lampade (f_S)	1
Fattore manutenzione apparecchi (f_{LM})	0,90
Fattore di manutenzione	0,90

2.2 La tecnologia del CLO per il degradamento dei flussi luminosi

Tutte le sorgenti luminose diminuiscono la loro emissione nel tempo. Il degradamento del flusso luminoso, calcolato intorno al 20% dall'inizio alla fine del ciclo di vita di un corpo illuminante, può essere controllato con l'utilizzo del **Constant Lumen Output (C.L.O.)**. Il sistema C.L.O. bilancia costantemente l'assorbimento del flusso luminoso degli apparecchi regolandolo dall'inizio della vita utile su quello che resterebbe ancora all'apparecchio alla fine della sua durata di vita. In questo modo, è possibile programmare il driver affinché l'apparecchio di illuminazione entri in funzione con un flusso luminoso inferiore al nominale e via via crescente nel tempo, nel rispetto dei livelli illuminotecnici normati.

¹ Fonte ARPA Lombardia - Storico dati sulla qualità dell'aria.

<i>Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.</i>	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

Il compito del C.L.O. è quello di compensare il naturale decadimento del flusso luminoso dei LED, ciò garantisce la stessa qualità della luce dall'inizio alla fine del ciclo di vita del corpo illuminante per tutta la durata della concessione.

Attraverso un innalzamento graduale di corrente, il flusso luminoso si mantiene costante nel tempo, restando non inferiore al valore limite. Per garantire il livello di illuminazione minimo richiesto per tutta la durata dell'installazione, i calcoli relativi all'illuminazione dovrebbero essere effettuati sulla base del livello di luce alla fine della vita della sorgente (nel caso specifico un coefficiente di manutenzione di 0,80 è pari a una riduzione del 20%, che si raggiunge approssimativamente in 100.000 ore di funzionamento). Questo approccio, tuttavia, condurrebbe a utilizzare potenze, per le lampade installate, sovrastimate rispetto alla reale necessità per gran parte della vita della sorgente, con conseguente spreco di energia. Per ovviare al problema, il calcolo dell'energia considera l'adozione di fotometrie con sistema C.L.O di cui sono dotati gli apparecchi LED per l'illuminazione stradale. Pertanto, la potenza assorbita dai corpi illuminanti che utilizzano questa tecnologia sarà calcolata come la media tra la potenza iniziale e la potenza stimata a fine vita.

2.3 Temperatura di colore della luce

In linea con il progetto definitivo approvato, la temperatura di colore impiegata è pari a **3000k**.

2.4 Curve fotometriche certificate

Per la redazione dei calcoli illuminotecnici preliminari sono state utilizzate curve fotometriche certificate fornite direttamente dalle aziende produttrici.

2.5 Software di calcolo

Il programma di calcolo certificato utilizzato per la verifica dei parametri illuminotecnici, è **OXYTECH LITESTAR 4D** (versione 7.0).

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

3. Verifica dei parametri illuminotecnici

Secondo la *Norma UNI 13201-2* ogni classe illuminotecnica individuata presenta dei valori minimi da rispettare per soddisfare gli standard di corretto illuminamento che la normativa persegue per ogni zona di traffico omogenea.

Per le classi “M” sono individuati i seguenti valori:

- Luminanza media sulla superficie stradale (L);
- Uniformità generale della luminanza (U_o);
- Uniformità della luminanza longitudinale (U_l);
- Abbagliamento disabilitante (fTI);
- Illuminazione del contesto (REI).

Tabella 5 Valori di riferimento per le categorie M di progetto

Classe	L [cd/m ²]	U _o	U _l	fTI	REI
M1	2,0	0,4	0,7	10	0,35
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35
M3	1,0	0,4	0,6	15	0,30
M4	0,75	0,4	0,6	15	0,30
M5	0,5	0,35	0,4	15	0,30
M6	0,3	0,35	0,4	20	0,30

Per le aree di conflitto “C” i valori, misurati in accordo con le *Norme UNI 13201-3 e 13201-4*, sono i seguenti:

- Luminanza media (E);
- Uniformità generale della luminanza (U_o).

Tabella 6 Valori di riferimento per le categorie C di progetto

Classe	E^a minimo mantenuto [lx]	U_o minimo
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

Per le classi “P” i valori da rispettare sono:

- La luminanza media (E);
- La luminanza minima (E_{min}).

Tabella 7 Valori di riferimento per le categorie C di progetto

Classe	E ^a minimo mantenuto [lx]	U. minimo
P1	15,0	3,00
P2	10,0	2,00
P3	7,50	1,50
P4	5,00	1,00
P5	3,00	0,60
P6	2,00	0,40
P7	Performance non determinata	Performance non determinata

Sulle zone omogenee di traffico identificate secondo le categorie “M”, “C”, “P”, sono state costruite **161 zone di calcolo** (ZDS). L'*Allegato 1* e gli elaborati 6 “*Classificazione funzionale e categorie illuminotecniche*” contengono i reciproci rimandi alle zone di studio. I risultati ottenuti, tutti conformi ai minimi richiesti dalla norma dove la geometria dell'impianto esistente lo consente, sono riportati, per ogni ZDS nell'*Allegato 2.2* per i valori ottenuti nelle categorie di progetto, e nell'*Allegato 2.3* per quelli in esercizio.

3.1 Riduzione dell'inquinamento luminoso

In accordo con la **Legge Regione Lombardia 05-10-2015, n. 31** recante “*Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso*” il progetto di riqualificazione degli impianti ha, tra gli obiettivi principali, la riduzione dell'inquinamento luminoso. Nonostante l'inquinamento luminoso non danneggi direttamente la salute delle persone, esso è comunque considerato tale poiché è causa di alterazioni dei ritmi circadiani dell'uomo, di animali e piante, dell'ecosistema urbano e periurbano.

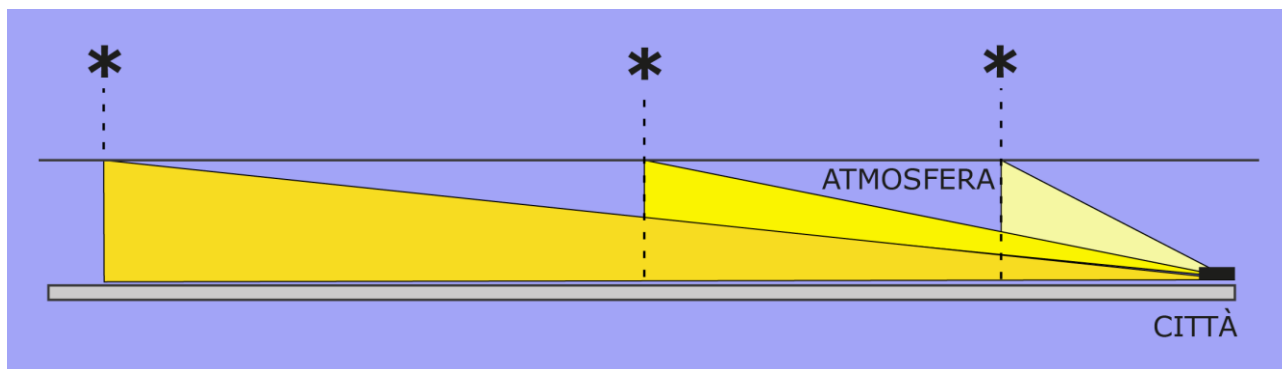
Il contenimento dell'inquinamento luminoso è ottenuto attraverso **soluzioni tecniche specifiche** che limitano la dispersione della luce verso l'alto, oltre il piano orizzontale tracciato dal punto di emissione della luce. Progettando impianti e apparecchi secondo questo principio è possibile dosare la giusta quantità di luce in funzione del fabbisogno, **limitando eccessi costosi e dannosi** che risultano in una illuminazione irrazionale e poco efficiente.

Attraverso le caratteristiche tecniche dei corpi illuminanti si gestiscono e regolano i flussi luminosi, le ottiche, la distribuzione luminosa delle sorgenti e la dissipazione del calore prodotto dalle stesse, **l'aspetto tecnologico dei corpi illuminanti riveste un ruolo prioritario** e determinante per la riduzione dell'inquinamento luminoso, per l'efficientamento energetico e la messa a norma

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

dell'infrastruttura. Di seguito sono descritte le soluzioni tecniche adottate in relazione ai nuovi corpi illuminanti e alla loro installazione.

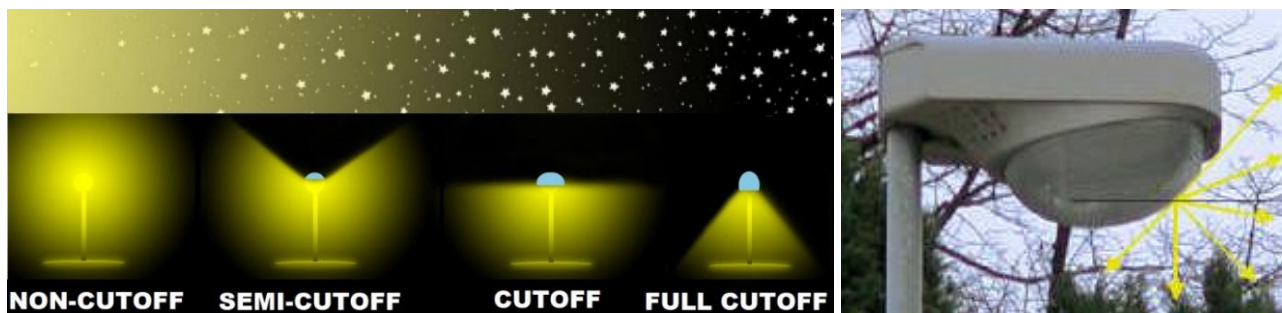
Figura 2 Angoli di emissione della luce che illumina molecole e particelle lungo la linea di vista di un osservatore che guarda una stella allo zenith da luoghi distanti dalla sorgente (fonte P. Cinzano – ISTIL)



3.1.1 Corpi illuminanti full cut-off

Tutti i nuovi corpi illuminanti funzionali dedicati all'illuminazione stradale e urbana, sono **full-cut-off** quindi **la quantità di luce emessa ad un angolo di 90° o superiore dal nadir è pari a 0**.

Figura 3 Schema del comportamento delle ottiche ed esempio di apparecchio prismatico con emissioni sopra l'orizzonte



Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

4. Elenco codici apparecchi di progetto

L'elenco degli apparecchi riporta le **principali caratteristiche fotometriche dei nuovi corpi illuminanti**. Nell'elenco è inserito il **codice dell'apparecchio** che viene mostrato nelle tavole di progetto di cui all'elaborato **8.1_Stato_di_progetto_pl**.

ELENCO NUOVI CORPI ILLUMINANTI				
Modello	Fotometria	Potenza nominale [W]	Temperatura di colore	Codice apparecchio
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED25-CLO-1P @100kh-730 DM32P.ltd	13,8	3000K	LM01
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED25-CLO-1P @100kh-730 DN10P.ltd	13,8	3000K	LM02
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED30-CLO-1P @100kh-730 DM24P.ltd	16,2	3000K	LM03
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED30-CLO-1P @100kh-730 DN10P.ltd	16,2	3000K	LM04
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED30-CLO-1P @100kh-730 DN11P.ltd	16,2	3000K	LM05
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED35-CLO-1P @100kh-730 DM24P.ltd	18,8	3000K	LM06
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED35-CLO-1P @100kh-730 DN10P.ltd	18,8	3000K	LM07
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED40-CLO-1P @100kh-730 DM24P.ltd	21,5	3000K	LM08
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED45-CLO-1P @100kh-730 DM24P.ltd	24,5	3000K	LM09
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED45-CLO-1P @100kh-730 DM32P.ltd	24,5	3000K	LM10
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED55-CLO-1P @100kh-730 DM24P.ltd	30	3000K	LM11
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED55-CLO-1P @100kh-730 DN10P.ltd	30	3000K	LM12
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED55-CLO-1P @100kh-730 DW30P.ltd	30	3000K	LM13
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED70-CLO-1P @100kh-730 DN11P.ltd	38,5	3000K	LM14
Lumistreet	BGP392 T25 FP LED140-CLO-1P @100kh-730 DM15P.ltd	74	3000K	LM15
Lumistreet	BGP392 T25 FP LED140-CLO-1P @100kh-730 DW30P.ltd	74	3000K	LM16
Lumistreet	BGP392 T25 FP LED160-CLO-1P @100kh-730 DW30P.ltd	86	3000K	LM17
Lumistreet	BGP392 T25 FP LED70-CLO-1P @100kh-730 DM15P.ltd	36	3000K	LM18
Lumistreet	BGP392 T25 FP LED70-CLO-1P @100kh-730 DM32P.ltd	36	3000K	LM19
Lumistreet	BGP392 T25 FP LED75-CLO-1P @100kh-730 DW30P.ltd	39	3000K	LM20
Lumistreet	BGP392 T25 FP LED90-CLO-1P @100kh-730 DM20P.ltd	47	3000K	LM21
Lumistreet	BGP392 T25 FP LED95-CLO-1P @100kh-730 DM15P.ltd	49,5	3000K	LM22
Lumistreet	BGP393 T25 FP LED150-CLO-1P @100kh-730 DW52P.ltd	75	3000K	LM23
Lumistreet	BGP393 T25 FP LED180-CLO-1P @100kh-730 DM15P.ltd	92	3000K	LM24
Lumistreet	BGP393 T25 FP LED220-CLO-1P @100kh-730 DM65P.ltd	112	3000K	LM25
Lumistreet	BGP393 T25 FP LED280-CLO-1P @100kh-730 DW52P.ltd	146	3000K	LM26
Lumistreet	BGP391 T25 FP LED35-CLO-1P @100kh-730 DN08P.ltd	18,8	3000K	LM27
Clearflood	BVP655_T25_LED70-CLO-4S-730_A65-VWB_32L_FP_L100@100kh.ltd	41,8	3000K	CL01
Clearflood	BVP655_T25_LED90-CLO-4S-730_DW10_32L_FP_L100@100kh.ltd	54,3	3000K	CL02
iPro (terra)	ep59_c77p.ltd	14	3000K	IP01
iPro (parete)	bk27_c27b.ltd	8	3000K	IP02
iPro (soffitto)	bk27_c27b.ltd	8	3000K	IP03

Concessione del servizio di pubblica illuminazione avente ad oggetto l'attività di progettazione esecutiva, della realizzazione e della gestione, della conduzione e manutenzione ordinaria, programmatica, preventiva e straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione del comune ivi inclusa la fornitura dell'energia elettrica e all'attività inerenti i servizi smart city, nonché i lavori di riqualificazione, ammodernamento, efficientamento, messa a norma e adeguamento normativo dei medesimi.	COMUNE DI OLGINATE (LC)
	GENNAIO 2026
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA	REV. 01

ELENCO NUOVI CORPI ILLUMINANTI				
Modello	Fotometria	Potenza nominale [W]	Temperatura di colore	Codice apparecchio
Agorà Compact	et88_x506_d11f.ltd	89,3	3000K	AG01
Modulo Universale 2.0	MX008AH3503B02.LDT	10,4	3000K	MU01
Modulo Universale 2.0	MX011AD4503B02.LDT	13,3	3000K	MU02
Modulo Universale 2.0	MX011AH4503B02.LDT	13,3	3000K	MU03
Modulo Universale 2.0	MX013AA5303B02.LDT	15,8	3000K	MU04
Modulo Universale 2.0	MX016AD3503B02.LDT	18,75	3000K	MU05
Modulo Universale 2.0	MX016AH3503B02.LDT	18,75	3000K	MU06
Modulo Universale 2.0	MX017AA7003B02.LDT	20,7	3000K	MU07
Modulo Universale 2.0	MX017AH7003B02.LDT	20,7	3000K	MU08
Modulo Universale 2.0	MX021AH4503B02.LDT	24,1	3000K	MU09
Modulo Universale 2.0	MX035AA7003B02.LDT	38,4	3000K	MU10
Modulo Universale 2.0	MX017AA7003B02.LDT	20,7	3000K	MU11
PlateaPro	p871_a07j.ltd	33	3000K	PP01
PlateaPro	p877_a10j.ltd	33	3000K	PP02
PlateaPro	p879_a11j.ltd	57,9	3000K	PP03
TownTune Lyre	BDP270 T25 FP LED16-CLO-1P @100kh-730 DM32P.ltd	9,3	3000K	TT01
TownTune Lyre	BDP270 T25 FP LED30-CLO-1P @100kh-730 DM30P.ltd	16,2	3000K	TT02
TownTune Lyre	BDP270 T25 FP LED50-CLO-1P @100kh-730 DM30P.ltd	26	3000K	TT03
TownTune Lyre	BDP270 T25 FP LED50-CLO-1P @100kh-730 DX50P.ltd	26	3000K	TT04
TownTune Lyre	BDP270 T25 FP LED59-CLO-1P @100kh-730 DX50P.ltd	30	3000K	TT05
Villa LED	BDP768-FG-WH T25 FP LED27-CLO-4S @100kh-730 DW10.ltd	16,8	3000K	VI01
Villa LED	BDP768-FG-WH T25 FP LED69-CLO-4S @100kh-730 DN33.ltd	40,5	3000K	VI02
Walky	EI41-15_B55P.LDT	10,8	3000K	WA01