

Settore delle Strade e dei Trasporti  
 Strada: S.P. 116 Virle Treponti - Villanuova S/C  
 Ubicazione: Comune di Nuvolera  
 Intervento: Circolazione rotatoria intersezione con bretella di collegamento alla S.S. 45 Bis, località Scaiola

Progettazione Impianto di Illuminazione Pubblica  
 CUP H97H20002140002 - CIG Z7037169EE



## ELABORATI DESCRITTIVI

### Relazione Tecnica Specialistica Illuminotecnica

NVR\_ES\_00\_d\_I\_RTS\_001\_00

☐ PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA ☐ PROGETTO DEFINITIVO ☒ PROGETTO ESECUTIVO ☐ AS BUILT

PROGETTATO DA:

**Edison Next Government S.r.l.**

SCALA:

---

DATA:

10 / 2022

PROGETTISTA ILLUMINOTECNICO:



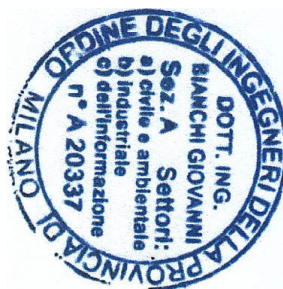
Documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e s.m.i.

PROGETTISTA E COORDINATORE  
DELLA PROGETTAZIONE:



Documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e s.m.i.

PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI:



Documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e s.m.i.

REV. N°	DATA REVISIONE	DESCRIZIONE MODIFICHE:
04		
03		
02		
01		

Il presente elaborato è opera dell'ingegno e costituisce oggetto di diritto d'autore ex art. 2575 e segg. Cod. Civ. e L. 22/04/1941 n°633 e s.m.i. Ogni violazione (riproduzione dell'opera, anche parziale o per stralcio, limitazione, contraffazione, ecc.) sarà perseguita penalmente. In caso di richiesta di accesso agli atti, i presenti elaborati si intendono sottoposti alla disciplina e alle limitazioni di cui al D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. di cui alla legge 241/1990 e s.m.i. e a tutta la disciplina relativa agli Appalti Pubblici.

## 1 Glossario

Si riporta di seguito il glossario dei termini estratto da Criteri Ambientali Minimi (CAM) 2017.

**Alimentatore:** un dispositivo inserito tra la rete di alimentazione e una o più sorgenti luminose che, per mezzo di induttanza, capacità o resistenza, utilizzato singolarmente o in combinazione, serve principalmente a limitare al valore richiesto la corrente della lampada o delle lampade; un alimentatore può includere anche strumenti per trasformare la tensione di alimentazione, variare la luce, correggere il fattore di potenza e, da solo o in combinazione con un dispositivo di innesco, fornire le condizioni necessarie per l'innesco delle lampade.

**Apparecchio di illuminazione:** un apparecchio che distribuisce, filtra o trasforma la luce trasmessa da una o più sorgenti luminose. Il termine include anche tutte le parti necessarie per sostenere, fissare e proteggere le sorgenti luminose e, ove necessario, i circuiti ausiliari e gli strumenti per collegarle all'alimentazione, ma non le sorgenti luminose stesse.

**Apparecchi per illuminazione stradale:** tutti gli apparecchi di illuminazione destinati ad illuminare ambiti di tipo stradale, intesi come aree ad uso pubblico destinate alla circolazione di pedoni, dei veicoli e degli animali, nonché gli ambiti ad esse assimilabili. Tali ambiti comprendono strade a cui si aggiungono eventualmente banchine, marciapiedi, piste ciclabili (ovvero zone che possono venire ricomprese nella categoria di strada se non trattate separatamente).

In genere, se presente un progetto illuminotecnico, queste aree vengono classificate con categoria illuminotecnica M (per i requisiti prestazionali di queste categorie, si veda la norma UNI 13201-2). Nel caso in cui le strade non siano asfaltate o comunque presentino pavimentazione non riconducibile alle classi C1 e C2 presenti nella norma UNI 11248, potrebbe non essere possibile effettuare un calcolo in luminanza e quindi tali ambiti potrebbero venire classificati con categoria illuminotecnica C o P.

**Apparecchi per illuminazione di grandi aree, rotatorie, parcheggi:** tutti gli apparecchi di illuminazione destinati ad illuminare grandi aree, ovvero incroci, rotatorie, zone di conflitto fra diversi flussi di traffico e tutti gli ambiti ad esse assimilabili. Sono ricompresi in tale definizione anche tutti gli apparecchi destinati ad illuminare aree destinate a parcheggio e tutti gli ambiti ad esse assimilabili; tali aree comprendono le intersezioni a raso o a livelli sfalsati.

In genere, se presente un progetto illuminotecnico, gli incroci, le rotatorie e le zone di conflitto vengono classificate con categoria illuminotecnica C (per i requisiti prestazionali di queste categorie, si veda la norma UNI 13201-2); le zone destinate a parcheggio vengono in genere classificate con categoria illuminotecnica P (per i requisiti prestazionali di queste categorie, si veda la norma UNI 13201-2).

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

**Apparecchi per illuminazione di aree pedonali, percorsi pedonali, percorsi ciclabili, aree ciclopedonali:** tutti quegli apparecchi di illuminazione destinati ad illuminare aree di tipo pedonale e/o ciclabile, anche solo in maniera prevalente. Tali aree comprendono zone 30, isole ambientali, aree in cui gli utenti principali sono i pedoni. In genere, se presente un progetto illuminotecnico, queste aree vengono classificate con categoria illuminotecnica P ed eventualmente C (per i requisiti prestazionali di queste categorie, si veda la norma UNI 13201-2).

**Apparecchi per illuminazione di aree verdi:** tutti gli apparecchi di illuminazione destinati ad illuminare aree verdi o giardini; tali ambiti non risultano classificabili secondo la norma UNI 11248 e pertanto potrebbero anche non essere riferibili ad una categoria illuminotecnica.

**Apparecchi artistici per illuminazione di centri storici:** tutti quegli apparecchi di illuminazione con spiccata valenza estetica diurna e design specifico per l'ambito di illuminazione considerato (come ad esempio lanterne storiche, lampare, ecc.) destinati ad illuminare aree di particolare pregio architettonico ed urbanistico come, ad esempio, i centri storici (zona territoriale omogenea «A») o aree di «interesse culturale» (diverse classificazioni possibili).

**Carreggiata:** parte della strada destinata allo scorrimento dei veicoli; la carreggiata può essere composta da una o più corsie di marcia ed in genere è pavimentata e delimitata da strisce di margine.

**Categoria illuminotecnica:** categoria che identifica una condizione di illuminazione in grado di soddisfare i requisiti per l'illuminazione di una data zona di studio.

**Categoria di Illuminazione zenitale (U):** è la categoria appartenente al più alto valore fra UL e UH dell'apparecchio considerato. UL è l'angolo solido compreso fra 90° e 100° verticali e 360° orizzontali; UH è l'angolo solido compreso fra 100° e 180° verticali e 360° orizzontali.

**Categorie di intensità luminosa:** categorie in cui la norma UNI 13032-2 ha suddiviso alcune geometrie dell'emissione luminosa fissandone le intensità massime a vari angoli rispetto alla verticale. La categoria minima è G\*1, quella massima è G\*6.

**Cromaticità:** la proprietà di uno stimolo di colore definita dalle relative coordinate di cromaticità o dall'insieme della lunghezza d'onda dominante o complementare e della purezza.

**DLOR (downward light output ratio):** percentuale del flusso di lampada emesso dall'apparecchio illuminante al di sotto del piano orizzontale, contenente il centro fotometrico dell'apparecchio stesso.

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

**Densità di potenza (Dp):** valore della potenza di sistema diviso per il valore del prodotto dell'area della superficie da illuminare per il valore dell'illuminamento medio mantenuto calcolato su quest'area secondo la EN 13201-3 ed utilizzando un coefficiente di manutenzione MF = 0,80 (W/lx/m<sup>2</sup>).

**Eco-etichetta di Tipo I:** ai sensi della norma UNI EN ISO 14024, è una etichetta volontaria basata su un sistema multicriterio in cui ciascun criterio fissa valori minimi da rispettare, considerando l'intero ciclo di vita del prodotto, ed è sottoposta a certificazione di parte terza (da parte di un ente indipendente). Un esempio di Eco-etichetta di Tipo I è il marchio europeo Ecolabel UE.

**Eco-etichetta di Tipo II:** ai sensi della norma UNI EN ISO 14021, è una etichetta volontaria che riporta informazioni ambientali dichiarate da parte di produttori, importatori o distributori di prodotti, senza che vi sia l'intervento di un organismo indipendente di certificazione. Non esistono criteri o prestazioni minime da rispettare.

**Eco-etichetta di Tipo III:** ai sensi della norma UNI EN ISO 14025, è una etichetta volontaria che riporta una quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto calcolati attraverso l'applicazione della metodologia LCA. Le informazioni sono sottoposte a un controllo indipendente e presentate in forma chiara e confrontabile. Un esempio di Eco-etichetta di Tipo III è la "Dichiarazione Ambientale di Prodotto" o EPD "Environmental Product Declaration".

**Efficienza luminosa della sorgente:** rapporto tra il flusso luminoso emesso e la potenza consumata dalla sorgente =  $P_{\text{sorgente}}$  (lm/W); la potenza consumata dalla sorgente non include la potenza dissipata dagli impianti ausiliari, come gli alimentatori.

**Efficienza luminosa del modulo LED:** rapporto tra il flusso luminoso emesso dal modulo LED e la potenza elettrica impegnata dalla sorgente (lm/W), comprensiva di componenti meccanici quali i dissipatori ed esclusa la potenza dissipata dall'unità di alimentazione, ad una temperatura ambiente di prova specificata.

**Efficienza luminosa di un sistema LED (sistema):** rapporto tra il flusso luminoso emesso dal modulo LED e la potenza elettrica impegnata dal modulo LED (lm/W), comprensiva di componenti meccanici quali i dissipatori e compresa la potenza dissipata dall'unità di alimentazione, ad una temperatura ambiente di prova specificata.

**Efficienza luminosa dell'apparecchio di illuminazione:** rapporto tra il flusso luminoso dell'apparecchio di illuminazione e la potenza elettrica assorbita dall'apparecchio stesso (lm/W).

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

**Fattore di mantenimento (maintenance factors - MF):** percentuale di flusso luminoso in uscita da un apparecchio di illuminazione dopo determinate ore di funzionamento rispetto al flusso iniziale. Il fattore di mantenimento utilizzato per il calcolo illuminotecnico 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.

**Fattore di mantenimento del flusso luminoso della lampada (lamp lumen maintenance factor - LLMF):** il rapporto fra il flusso luminoso emesso dalla lampada in un determinato momento della vita e il flusso luminoso iniziale.

**Fattore di mantenimento dell'apparecchio di illuminazione (luminaire maintenance factor - LMF):** il rapporto fra il flusso luminoso emesso in un determinato momento e il flusso iniziale di un apparecchio di illuminazione.

**Fattore di sopravvivenza della lampada (lamp survival factor - LSF):** per un apparecchio di illuminazione a scarica rappresenta la frazione del numero totale delle lampade che continuano a funzionare in un determinato momento in determinate condizioni e con una frequenza di commutazione specifica; per un apparecchio di illuminazione a LED può essere individuato come il complemento a 1 del tasso di guasto  $B_{xx}$  secondo la IEC 62717.

**Flusso luminoso:** una quantità derivata dal flusso energetico (potenza energetica) valutando la radiazione in base alla sensibilità spettrale dell'occhio umano.

**Grado di Protezione dagli Agenti esterni (IP):** il codice IP (International Protection) identifica il grado di protezione degli involucri per materiale elettrico, contro l'accesso a parti pericolose interne all'involucro e contro la penetrazione di corpi solidi estranei e dell'acqua (Riferimento per classificazione: CEI EN 60529).

**Illuminamento  $E$ :** rapporto fra il flusso infinitesimo  $dx$  incidente su una superficie infinitesima  $dA$  normale ad esso e la superficie medesima. Per l'illuminamento ( $I_x = \text{lm/m}^2$ ) il flusso è rapportato alla superficie normale all'asse del tubo di flusso.

**Illuminazione adattiva o illuminazione a regolazione in tempo reale:** illuminazione a regolazione nella quale le variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento sono attuate in brevi tempi prestabiliti e con continuità in base alle reali condizioni dei parametri di influenza come il flusso orario di traffico, la tipologia di traffico o le condizioni atmosferiche, misurati senza interruzioni (punto 3.7.2 della Norma UNI 11248:2016). [Nota: Le misure dei parametri d'influenza potrebbero avvenire anche nei periodi precedenti all'accensione dell'impianto di illuminazione e continuare senza interruzioni nel corso del servizio].

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

**Impianti di illuminazione pubblica:** installazioni luminose fisse che hanno lo scopo primario di fornire buona visibilità agli utenti delle aree pubbliche esterne durante le ore di buio per contribuire alla sicurezza pubblica e al comfort visivo ed inoltre per contribuire allo scorrimento ed alla sicurezza del traffico negli ambiti stradali. A tale scopo primario possono affiancarsi scopi secondari di diverso tipo, caratterizzati da finalità funzionali ed estetiche differenti a seconda degli ambiti applicativi considerati.

**Indice generale di resa cromatica (Ra):** media degli indici specifici di resa cromatica CIE 1974 per un determinato insieme di 8 campioni di colore.

**Inquinamento luminoso:** la somma di tutti gli impatti negativi della luce artificiale sull'ambiente dovuti ad ogni forma di irradiazione di luce artificiale che: 1) è diretta su superfici o cose cui non è funzionalmente dedicata o per le quali non è richiesta alcuna illuminazione; 2) viene utilizzata in misura superiore alle reali necessità; 3) induce effetti negativi conclamati sull'uomo o sull'ambiente.

**Intensità luminosa I:** grandezza vettoriale la cui unità di misura è la candela (cd), data dal rapporto fra il flusso luminoso infinitesimo  $d\Phi$  che interessa l'angolo solido infinitesimo  $d\Omega$  raccolto attorno ad un asse e l'angolo stesso.

**Lampada a scarica:** lampada nella quale la luce è prodotta, direttamente o indirettamente, da una scarica elettrica attraverso un gas, un vapore metallico o una miscela di diversi gas e vapori.

**Lampade a scarica ad alta intensità (lampade al sodio ad alta pressione e lampade agli alogenuri metallici) /** high intensity discharge lamps – HID (high pressure sodium – HPS – and metal halide – MH – lamps): lampade a scarica elettrica in cui l'arco elettrico che genera la luce è stabilizzato per l'effetto termico della parete del bulbo e l'arco ha una carica superficiale superiore a 3 watt per centimetro quadrato.

**Lampada ad alogenuri metallici:** una lampada a scarica ad alta intensità in cui la luce è prodotta mediante radiazione da una miscela di vapori di metallo, alogenuri metallici e prodotti della dissociazione degli alogenuri metallici.

**Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione:** una lampada a scarica ad alta intensità in cui la luce è prodotta essenzialmente mediante radiazione da vapori di sodio a una pressione parziale di 10 kilopascal.

**LED (light emitting diode):** dispositivo allo stato solido, che incorpora una giunzione p-n, che emette una radiazione ottica quando eccitato da una corrente elettrica. Diodo ad emissione luminosa, dispositivo optoelettronico che sfrutta le proprietà ottiche di alcuni materiali semiconduttori per produrre fotoni attraverso il fenomeno



	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

dell'emissione spontanea ovvero a partire dalla ricombinazione di coppie elettrone-lacuna.

**Light output ratio (LOR):** rapporto tra il flusso luminoso totale dell'apparecchio di illuminazione, completo di lampade ed ausiliari, ed il flusso luminoso delle lampade funzionanti fuori dell'apparecchio, con gli stessi ausiliari e nelle stesse condizioni normalizzate di misurazione.

**Luce molesta:** la parte della luce proveniente da un impianto di illuminazione che non serve alle finalità per cui l'impianto è stato progettato e che, pur senza impedire o danneggiare un compito visivo, può arrecare fastidio a chi lo svolge. Ciò vale in particolare per la luce emessa da impianti di illuminazione pubblica che entra nei locali destinati ad abitazione generando una sensazione fastidiosa, soprattutto nelle ore in cui chi vi abita vorrebbe riposare, a causa della luce incidente sulle superfici vetrate delle abitazioni (in tal caso viene anche definita come "luce intrusiva").

**Luminanza L:** rapporto fra l'intensità luminosa infinitesima ( $dI$ ) in una direzione assegnata e l'areola elementare apparente ( $A$ ) entro cui è compresa l'emissione luminosa. La sua unità di misura è  $cd/m^2$ .

**Modulo LED:** unità fornita come sorgente luminosa. In aggiunta a uno o più LED, essa può contenere componenti aggiuntivi quali, ad esempio, ottici, meccanici, elettrici e elettronici, ma non l'unità di alimentazione (CEI EN 62031). Ai fini del presente documento viene considerata "modulo LED" qualsiasi sorgente luminosa che fa uso di diodi LED al proprio interno (ad esempio multichip, COB, fosfori remoti, ecc.).

**Modulo LED con alimentatore incorporato:** modulo LED progettato per essere collegato alla tensione di alimentazione (CEI EN 62031). Ai fini del presente documento, nel caso in cui il Modulo LED sia dotato di ottica, è considerato equivalente ad un apparecchio di illuminazione, non ad una sorgente luminosa.

**Modulo LED da incorporare:** modulo LED generalmente progettato per formare una parte sostituibile di un apparecchio di illuminazione, di una scatola, di un involucro o simile e non previsto per essere montato all'esterno di un apparecchio di illuminazione, etc. senza particolari precauzioni (CEI EN 62031)

**Modulo LED da incorporare con alimentatore incorporato:** modulo LED con alimentatore incorporato, generalmente progettato per formare una parte sostituibile di un apparecchio di illuminazione, di una scatola, di un involucro o simile e non previsto per essere montato all'esterno di un apparecchio di illuminazione, etc. senza particolari precauzioni (CEI EN 62031). Ai fini del presente documento, nel caso in cui il Modulo LED sia dotato di ottica, è considerato equivalente ad un apparecchio di illuminazione, non ad una sorgente luminosa.

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

**Modulo LED indipendente:** modulo LED progettato per poter essere montato o posto separatamente rispetto ad un apparecchio di illuminazione, ad una scatola aggiuntiva o ad un involucro simile. Il modulo LED indipendente fornisce tutta la protezione necessaria inerente alla sicurezza, conforme alla propria classificazione e marcatura.

**Modulo LED indipendente con alimentatore incorporato:** modulo LED con alimentatore incorporato, generalmente progettato in modo da poter essere montato o posto separatamente rispetto ad un apparecchio di illuminazione, ad una scatola aggiuntiva o ad un involucro o simile. Il modulo LED indipendente fornisce tutta la protezione necessaria inerente alla sicurezza, conforme alla propria classificazione e marcatura. Ai fini del presente documento, nel caso in cui il Modulo LED sia dotato di ottica, è considerato equivalente ad un apparecchio di illuminazione, non ad una sorgente luminosa. Organismi di valutazione della conformità accreditati: nell'Unione Europea gli organismi di valutazione della conformità, tra cui i laboratori, devono essere accreditati secondo il Regolamento CE/765/2008.

**Organismi riconosciuti:** organismo di normalizzazione internazionale, europeo o nazionale che adotta una specifica tecnica (norme) ai fini di un'applicazione ripetuta o continua, la cui osservanza non è obbligatoria (vedi D.Lgs 50/2016, allegato XIII).

**Potenza radiante specifica effettiva UV:** la potenza effettiva della radiazione UV di una lampada in relazione al suo flusso luminoso (unità: mW/klm).

**Punto luce:** complesso costituito dall'apparecchio di illuminazione, dotato di una o più sorgenti luminose, e di apparati ausiliari necessari al suo corretto funzionamento (i quali possono anche non essere incorporati al suo interno) e da un sostegno (il quale può avere caratteristiche e dimensioni variabili) atto a sostenere l'apparecchio.

**Rapporto scotopico-fotopico (S/P):** rapporto tra il flusso luminoso emesso da una sorgente misurato considerando il fattore spettrale di visibilità CIE per la visione scotopica  $V'$  e flusso luminoso emesso dalla stessa sorgente misurato considerando il fattore spettrale di visibilità CIE per la visione fotopica  $V$ .

**Rendimento dell'alimentatore (alimentatore):** il rapporto fra la potenza attiva assorbita dalla/e sorgenti luminosa/e presenti all'interno dell'apparecchio di illuminazione considerato (potenza in uscita dall'alimentatore) e la potenza attiva in entrata all'alimentatore, comprensiva di eventuali sensori, connessioni in rete o altri carichi ausiliari.



	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

**Resistenza agli urti (IK):** il codice IK è il grado di protezione contro gli impatti e determina la resistenza meccanica agli urti degli involucri (Riferimento per la classificazione: CEI EN 50102).

**Sistema di tele-controllo/tele-gestione degli impianti di illuminazione pubblica:** insieme di dispositivi hardware, controllati e gestiti a distanza da un software installato su PC o su server, destinati a fornire soluzioni di tele-controllo/tele-gestione degli impianti di illuminazione pubblica.

**SLI (specific lantern index):** parametro legato unicamente alle proprietà ottiche dell'apparecchio di illuminazione, che fornisce indicazioni in merito alle caratteristiche di controllo dell'abbagliamento, Tasso di guasto (failure rate – FR): probabilità condizionata che il componente riesca a compiere la funzione per cui è progettato, per un intervallo di tempo t. Il failure rate è un parametro fondamentale sul quale sono costruite le modellazioni matematiche che consentono la stima della probabilità di guasto, dell'affidabilità e quindi della disponibilità di un generico componente.

**Telecontrollo:** una soluzione di automazione che prevede la supervisione dell'impianto di illuminazione mediante un software e la raccolta dei dati attraverso una rete di apparati generalmente presenti all'interno del quadro di accensione (per una soluzione "a isola") oppure all'interno dei singoli apparecchi illuminanti (per una soluzione "punto-punto"). La comunicazione è unidirezionale: dalla singola periferica al Centro di controllo.

**Telegestione:** una soluzione di automazione che prevede l'invio di comandi all'impianto di illuminazione mediante un software e l'invio di istruzioni ad una rete di apparati generalmente presenti all'interno del quadro di accensione (per una soluzione "a isola") oppure all'interno dei singoli apparecchi illuminanti (per una soluzione "punto-punto"). La comunicazione può essere unidirezionale nel caso di un sistema che preveda il solo invio di comandi (dal Centro di controllo alla periferica) oppure bidirezionale (dalla singola periferica al Centro di controllo e viceversa). Nel caso di comunicazione bidirezionale, il sistema di telegestione integra al suo interno anche funzionalità di telecontrollo.

**Temperatura di colore correlata (Tcc):** la temperatura di un radiatore di Planck (corpo nero) il cui colore apparente percepito risulta il più simile a quello di una sorgente in esame avente la stessa brillantezza e sotto specifiche condizioni di vista. Unità di misura gradi Kelvin (K). La temperatura di colore non può essere considerata un parametro significativo dell'inquinamento luminoso in quanto non rispecchia in maniera accurata le caratteristiche spettrali della sorgente.

**UFF (upward flux fraction):** percentuale del flusso emesso dall' apparecchio di illuminazione al di sopra del piano orizzontale contenente il suo centro fotometrico rispetto al flusso totale emesso dall' apparecchio di illuminazione.

**ULOR (upward light output ratio):** percentuale del flusso di lampada emesso dall'apparecchio di illuminazione al di sopra del piano orizzontale contenente il suo centro fotometrico.

**Uniformità generale (Uo):** rapporto tra valore minimo e medio di luminanza sulla carreggiata.

**Uniformità longitudinale (UI):** rapporto tra il valore minore e quello maggiore di luminanza trovato sulla mezzeria di una delle corsie. Deve essere considerato il minore dei valori tra le uniformità longitudinali delle corsie di una carreggiata.

**Unità di alimentazione della sorgente luminosa:** uno o più componenti fra l'alimentazione e una o più sorgenti luminose che possono servire a trasformare la tensione di alimentazione, limitare la corrente delle lampade al valore richiesto, fornire la tensione di innesco e la corrente di preriscaldamento, evitare l'innesco a freddo, correggere il fattore di potenza o ridurre l'interferenza radio. Gli alimentatori, i convertitori e i trasformatori per lampade ad alogeni e i driver LED sono esempi di unità di alimentazione di sorgenti luminose.

## 2 INTRODUZIONE

La presente relazione descrive i criteri operativi e i riferimenti normativi utilizzati per la progettazione illuminotecnica esecutiva avente per oggetto la riqualificazione e l'adeguamento dell'impianto di illuminazione pubblica comunale.

Il progetto esecutivo parte dalla considerazione di specifiche esigenze quali:

- il soddisfacimento dei fabbisogni della collettività;
- la qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- la conformità alle norme ambientali;
- gli obiettivi definiti dal progetto definitivo in accordo con l'amministrazione comunale;
- il rispetto dei vincoli idrogeologici, sismici e forestali, nonché degli altri vincoli esistenti;
- l'efficientamento ed il recupero energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera, nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere.

L'impianto esistente è stato oggetto di studio mediante rilievo, sopralluogo e censimento dei quadri e dei punti luce afferenti, in modo tale da poter elaborare le soluzioni più vantaggiose dal punto di vista sia illuminotecnico che economico. Grazie all'attività di sopralluogo sono state verificate le criticità dell'impianto che sono state tenute in considerazione durante la fase progettuale.

Tali problematiche riguardano in primo luogo l'obsolescenza degli apparecchi, i quali per le loro caratteristiche, non sono in grado di soddisfare i requisiti espressi dalle normative di settore. I Regolamenti in vigore prescrivono l'utilizzo di fonti rinnovabili definendo precisi criteri che supportano la ricerca e la progettazione illuminotecnica, stabilendo quindi precise linee guida che influenzano non solo l'efficientamento energetico ma anche la riduzione di inquinamento luminoso e ottico.

Altre criticità dell'impianto riguardano: la disomogeneità di apparecchi e sorgenti luminose utilizzate; la presenza di differenze influenti di altezza riguardanti i sostegni e sbracci.

Il progetto esecutivo di riqualificazione illuminotecnica è stato redatto sulla base delle normative vigenti, indicate per argomento nel paragrafo successivo di questo documento.

Dall'analisi dei rischi, attraverso lo studio delle problematiche legate alla sicurezza della strada (UNI 11248:2016, capitolo 8.3, prospetti 2,3) e a seguito dell'aggiornamento della classificazione illuminotecnica di ingresso esistente, sono state poi fissate le categorie Illuminotecniche di progetto e di esercizio.

La metodologia per la redazione dell'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri d'influenza individuati dalla normativa, al fine d'individuare la categoria illuminotecnica che garantisce la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando al contempo i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione e l'impatto ambientale.

## 2.1 Riferimenti normativi

Di seguito sono presentati alcuni dei principali riferimenti normativi per quanto riguarda la progettazione illuminotecnica:

Norma UNI 11248:2016 Illuminazione stradale	Selezione delle categorie illuminotecniche
Norma UNI 13201:2016 – parte 2	Requisiti prestazionali
Norma UNI 13201:2016 - parte 3	Calcolo delle prestazioni

Norma UNI 13201:2016 - parte 4	Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche
Norma UNI 13201:2016 – parte 5	Indicatori di prestazione energetica
D. Lgs 244/2017	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
CAM 2018	Piano d’azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione
L. 10/1991	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
D. Lgs 285/1992	Nuovo Codice della Strada
D.M. 6792/2001	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
D. Lgs 15/2005	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
Norma UNI 11630	Luce e illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico
Norma UNI EN 40	Pali per l’illuminazione pubblica
Norma UNI 11431	Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso
Norma UNI 11356	Luce e Illuminazione – Caratterizzazione fotometrica degli apparecchi di illuminazione LED
Norma ISO CIE TS 22012	Light and lighting — Maintenance factor determination — Way of working

### 3 Linee guida progettuali

Il presente capitolo espone la metodologia con la quale è stato redatto il presente progetto esecutivo. I riferimenti normativi alla base delle scelte intraprese sono elencati nel paragrafo 2.1 ma si pone l'accento sui testi che risultano di particolare importanza:

- Norma UNI 11248:2016 – Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche (nello specifico le parti 2,3,4,5);
- 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.

#### 3.1 Verifiche dei parametri illuminotecnici

La UNI 11248 e la UNI 13201 sono i regolamenti che hanno modificato radicalmente la metodologia di progettazione illuminotecnica, rivolgendo grande attenzione al tema del risparmio energetico e della riduzione dell'inquinamento luminoso.

Uno dei temi introdotti nello specifico dalla UNI 11248 è la metodologia per redigere la classificazione illuminotecnica delle strade (in funzione della tipologia di carreggiata e ad un insieme di parametri specifici), oltre a individuare i criteri per la suddivisione delle zone di studio in funzione a determinate specificità (zone a traffico veicolare, le piste ciclabili, zone di conflitto, etc.).

Attraverso la classificazione illuminotecnica si ricavano quelli che sono i requisiti fotometrici specifici per ogni tratto stradale, con particolare attenzione alla necessità di progettare un impianto con esigenze in termini di sicurezza e di risparmio energetico.

A seguito della classificazione stradale che individua una classe illuminotecnica di ingresso, e della suddivisione delle zone di studio, viene eseguita l'analisi dei rischi: questa procedura consiste nella valutazione di determinati parametri di influenza al fine di individuare la categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio.

La normativa indica, per ogni parametro di influenza, il numero di categorie che è possibile sottrarre alla categoria di ingresso: in questo modo verrà definita la categoria di progetto, minore o uguale a quella iniziale, indirizzando la progettazione secondo i criteri di efficienza e risparmio energetico.

	<b>PROVINCIA DI BRESCIA</b>		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

La categoria di esercizio, invece, si ottiene applicando dei parametri variabili nel tempo alla categoria di progetto, considerando la diminuzione del flusso luminoso e della potenza nelle ore notturne.

Una volta individuate le precedenti categorie, vengono eseguite le operazioni di calcolo e verifica (si rimanda al paragrafo 4 per una più completa descrizione).

L'analisi progettuale, oltre a considerare la risoluzione del calcolo illuminotecnico, si confronta sempre con il contesto di installazione: l'utilizzo di un calcolo tipologico non prescinde dall'analisi puntuale di ogni tratto di strada interessato dallo stesso e dalle sue peculiarità; questo aspetto trova riscontro nella metodologia per la definizione delle geometrie oggetto di calcolo.

Il tipologico di calcolo coincide con una zona omogenea di un tratto di strada; il criterio impiegato per l'individuazione di una zona prevede l'analisi dei parametri geometrici di un tratto stradale. Nel caso in cui tutti i parametri di due strade siano simili, quest'ultime vengono inglobate in un unico tipologico di calcolo, per la cui soluzione illuminotecnica saranno considerati i parametri peggiorativi.

I parametri che concorrono all'identificazione di un tipologico sono:

- classificazione illuminotecnica dei tratti stradali;
- interdistanza fra i punti;
- altezza dei punti di fuoco;
- distanza del fuoco dal ciglio stradale;
- disposizione dei punti luce;
- sezione della strada e peculiarità delle zone attigue.

## 3.2 Software di calcolo

Il programma di calcolo utilizzato è DIALux evo nella sua versione 5.10.1.58862: questo software permette la costruzione dei tipologici di calcolo inserendo numerose caratteristiche geometriche e tecniche, grazie alle quali è possibile specificare e simulare la reale condizione dell'impianto.

In particolare, è possibile impostare:

- la geometria stradale (numero di corsie, parcheggi, marciapiedi, spartitraffico, etc.);
- la disposizione degli apparecchi (unilineare, bilineare, sfalsati, etc.);
- la geometria dell'impianto di illuminazione (altezza, posizione, interdistanza, etc.);



	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

- la tipologia di pavimentazione presente (conglomerato bituminoso, cemento, porfido, etc.).

A seguito della definizione della tipologia di corpo illuminante presente e la sua geometria, si procede all'individuazione della migliore soluzione da installare in fase progettuale a seconda delle esigenze specifiche del tratto considerato.

Questa scelta la si evince verificando la rispondenza ai parametri normativi di diverse soluzioni progettuali che vengono modellate nel software di calcolo tramite dei file "fotometrici" che determinano il flusso emesso dall'apparecchio.

Si fa presente che il calcolo illuminotecnico assume come valore di default 4200 ore di funzionamento annue.

In base alla geometria dell'impianto e alla fotometria dell'apparecchio scelto, il programma calcolerà i valori di luminanza e illuminamento che saranno oggetto di verifica di rispondenza dei valori normativi limite.

L'impiego di suddetto programma permette inoltre di ottenere valori puntuali riferiti ai fattori, l'IPEA e l'IPEI, di seguito definiti attraverso un estratto dei CAM 2018:

- Indice Parametrizzato di Efficienza degli Apparecchi di illuminazione (IPEA\*):** questo indice, così come definito nel cap. 4.2.3.8 del D.M. 27/09/17, indica la prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione e consente di valutare la qualità delle componenti dell'apparecchio e quindi di confrontare le prestazioni assolute degli stessi. Può essere utilizzato per fornire una prima valutazione sulle performance degli apparecchi e, nella progettazione di ambiti illuminati, va sempre accompagnato dall'indice IPEI\* (solo qualora sia possibile calcolarlo).
- Indice Parametrizzato di Efficienza degli Impianti di illuminazione (IPEI\*):** questo indice, così come definito nel cap. 4.3.3.3 del D.M. 27/09/17, indica la prestazione energetica degli impianti di illuminazione e permette di confrontare diversi impianti a parità di condizioni al contorno. Nella progettazione di ambiti illuminati va sempre accompagnato dall'indice IPEA\*. Le classi minime indicate nel cap. 4.3.3.3 del D.M. 27/09/17 vanno utilizzate nella definizione di benchmark di mercato per stabilire eventuali extra-performance dell'impianto analizzato adatte al conseguimento di punteggi premianti ovvero Titoli di Efficienza Energetica o similari, attraverso un confronto fra la classe IPEI\* minima richiesta dai CAM e la classe IPEI\* raggiunta dall'impianto.

Questi indici vengono certificati direttamente dal software utilizzato.

### 3.3 Coefficiente di manutenzione

I seguenti paragrafi sono dedicati alla definizione del calcolo del coefficiente di manutenzione. La norma di riferimento è la CIE 154/2003 che propone la seguente formula per il calcolo del coefficiente:

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

In cui:

- LLMF                      fattore di deprezzamento del flusso luminoso della sorgente
- LSF                        fattore di sopravvivenza della sorgente
- LMF                        fattore di deprezzamento dell'apparecchio

Il coefficiente LMF è dovuto, in genere, allo sporco che si accumula sul vetro di protezione (o alle lenti applicate ai diodi). Dipende di conseguenza anche dai seguenti parametri:

- il grado di protezione IP dell'apparecchio
- dell'intervallo di pulizia previsto dal piano di manutenzione;
- dall'inquinamento nell'area di installazione

è calcolato come rapporto fra il flusso luminoso dell'apparecchio ad un tempo  $t$  e il flusso luminoso dell'apparecchio iniziale al tempo  $t_0$  (considerando però lo stesso flusso luminoso della sorgente).

Il grado di inquinamento può considerarsi Basso per il comune oggetto della presente relazione.

Grado di protezione IP	Inquinamento	Ciclo di pulizia (anni)				
		1	1,5	2	2,5	3
<b>IP2X</b>	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	0,8	0,79	0,78	0,78
<b>IP5X</b>	Alto	0,89	0,87	0,84	0,8	0,76
	Medio	0,9	0,88	0,86	0,84	0,82
	Basso	0,92	0,91	0,9	0,89	0,88
<b>IP6X</b>	Alto	0,91	0,9	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Basso	0,93	0,92	<b>0,91</b>	0,9	0,9

Tabella 1 tabella di riferimento della CIE154/2003 per il calcolo del LMF

L'indice LSF indica la progressiva mortalità delle sorgenti presenti all'interno del medesimo apparecchio dopo un certo numero di ore di funzionamento ed è calcolato come rapporto fra il numero di sorgenti ancora funzionanti ad un tempo t ed il numero totale di sorgenti al tempo t0.

In base al dato del tasso di mortalità (Bxx) presente nelle schede tecniche, è possibile ricavare la percentuale di rottura dei singoli diodi. Da bibliografia si apprende che la percentuale di rottura si può considerare pari ad 1/5 del valore di mortalità Bxx.

In base al documento Piano di manutenzione, allegato al presente progetto definitivo, la rottura o il malfunzionamento di un apparecchio installato comporterà l'intera e repentina sostituzione del corpo illuminante, mentre nel caso di malfunzionamento di singoli diodi facenti parte la piastra, tale fenomeno viene considerato nel successivo parametro di decadimento del flusso luminoso (LLMF).

Il coefficiente LLMF Indica la riduzione del flusso della sorgente luminosa nel tempo ed è calcolato come rapporto fra il flusso luminoso della sorgente ad un tempo t e il flusso luminoso iniziale al tempo t0.

Il fattore LLMF dipende da:

- Ore di funzionamento
- Tipologia di sorgente
- Fattore di decadimento del flusso

Il fattore di decadimento del flusso può essere ricavato dalla suddetta curva di decadimento o dal parametro  $L_{xx}$  presente nelle schede tecniche.

I corpi illuminanti impiagati per la presente progettazione, vengono previsti con sistema di regolazione CLO (Constant Lumen Output), un algoritmo impostato nell'alimentatore dell'apparecchio che compensa nel tempo il decremento di flusso luminoso tramite un graduale aumento di potenza, producendo l'effetto di flusso luminoso costante; tramite questa impostazione si è in grado di evitare il sovradimensionamento degli apparecchi, utilizzando nei calcoli illuminotecnici il flusso luminoso (costante) che l'apparecchio manterrà durante il funzionamento.

A livello di calcoli illuminotecnici, per poter tener conto di tale comportamento all'interno del fattore LLMF, si è agito in due differenti modi:

1. Utilizzo di un fattore LLMF pari al 0,85 (tabella 2) con fotometrie "standard" (con al loro interno impostati i flussi luminosi nominali), per ridurre e simulare il depotenziamento iniziale del 15% che l'apparecchio avrà a seguito dell'impostazione dell'algoritmo CLO.
2. Utilizzo di un fattore LLMF unitario (tabella 3) con fotometrie "CLO" (con al loro interno impostati i flussi luminosi già depotenziati), simulando già all'interno della fotometria il depotenziamento che l'apparecchio avrà a seguito dell'impostazione dell'algoritmo CLO.

Nello specifico, tale differenza è ritrovabile nel produttore di apparecchi utilizzati per il presente progetto: Litek.

Nelle seguenti tabelle è riassunto il calcolo del MF nei due casi evidenziati:

Grado di protezione IP	Inquinamento	Ciclo di pulizia (anni)				
		1	1,5	2	2,5	3
IP6X	Alto	0,91	0,9	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Basso	0,93	0,92	0,91	0,9	0,9
CLO =	SI (fotometrie standard)					
LLMF =	0,85					
LSF =	1					
LMF =	0,91					
MF =	<b>0,77</b>					

Tabella 2 Calcolo MF per fotometrie "standard"

Infine, sempre a riguardo del MF, esso è stato utilizzato nei calcoli illuminotecnici di esercizio (riferiti al periodo temporale durante il quale avviene la dimmerazione notturna e l'utilizzo della categoria illuminotecnica di esercizio) per simulare la riduzione del flusso luminoso del 30%.

Nello specifico, in riferimento alle precedenti tabelle, è stato utilizzato un fattore di manutenzione pari a 0,54 abbinato alla riduzione della categoria illuminotecnica.

### 3.4 Valori illuminotecnici di riferimento

I calcoli illuminotecnici sono stati svolti a partire dalle categorie di progetto e di esercizio, individuate tramite l'analisi dei rischi.

Secondo la normativa UNI 13201:2016 ogni classe illuminotecnica individuata presenta dei valori minimi da rispettare secondo gli standard di corretto illuminamento che la normativa persegue.

Si riporta nella seguente tabella un estratto dei valori richiesti per le categorie "M":

Classe	Luminanza (Cd/mq)	$U_0$ Uniformità della luminanza	$U_l$ Uniformità longitudinale	$R_{ei}^d$ Abbagliamento disabilitante	$R_{ei}^d$ Illuminazione del contesto
<b>M1</b>	2,0	0,4	0,7	10	0,35
<b>M2</b>	1,5	0,4	0,7	10	0,35
<b>M3</b>	1,0	0,4	0,6	15	0,30
<b>M4</b>	0,75	0,4	0,6	15	0,30
<b>M5</b>	0,5	0,35	0,4	15	0,30
<b>M6</b>	0,3	0,35	0,4	20	0,30

Tabella 4 Valori richiesti dalla norma UNI 13201:2016

Inoltre si riporta nella seguente tabella un estratto dei valori richiesti per le categorie "C":

Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale		
Categoria	Illuminamento orizzontale	
	$\bar{E}$ [minimo mantenuto] lx	$U_0$ [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

Il presente progetto esecutivo è stato realizzato nel rispetto delle sopracitate normative illuminotecniche; tuttavia, in alcune situazioni particolari, i dati dalla geometria impiantistica vincolano l'esito di alcune verifiche e l'area va sottoposta quindi a ulteriori parametri di valutazione.

La stessa norma UNI 13201-2 definisce quanto segue: *"Quando si modificano i componenti ottici o la geometria degli impianti di illuminazione esistenti (ad esempio cambiando i corpi illuminanti), si dovrebbe tentare di soddisfare tutti i requisiti. Tuttavia, in alcuni casi ciò può essere molto poco attuabile o costoso, mentre gli scostamenti da uno o più requisiti possono portare a soluzioni più*



	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

*praticabili e meno costose. In tali casi, le decisioni dovrebbero essere prese solo dopo un'attenta considerazione di tutti gli aspetti”.*

La determinazione delle lavorazioni necessarie all’adeguamento non si basa solo su aspetti puramente illuminotecnici ma deve confrontarsi con aspetti impiantistici e di impatto ambientale.

Infatti, sono molteplici gli aspetti da considerare per la posa di nuovi punti luce all’interno di un impianto di pubblica illuminazione esistente. In accordo con le norme UNI nell’ambito dell’illuminazione pubblica, il progetto si prefigge l’adeguamento dell’impianto esistente all’interno di uno scenario urbano e normativo complesso.

La progettazione di impianti di illuminazione pubblica esistenti all’interno di contesti urbanizzati deve essere inquadrata su aspetti non solo meramente numerici, ma le scelte progettuali devono tenere conto di aspetti qualitativi e di impatto sul territorio anche di natura estetica:

*“La progettazione e l’ubicazione degli impianti e delle apparecchiature per l’illuminazione stradale possono fare una grande differenza per l’aspetto della strada e dell’ambiente stradale, di giorno e di notte. Ciò vale non solo per l’utente della strada, ma anche per l’osservatore che osserva l’installazione da una certa distanza dalla strada”.*

Dall’analisi della norma in ambito illuminotecnico per la riqualificazione di impianti di pubblica illuminazione esistenti, dall’analisi dei diversi contesti urbanizzati o meno, delle diverse tipologie di strade presenti, presenza o meno di ostacoli, il Progettista attua delle scelte finalizzate alla riqualificazione globale dell’intervento, condivise in atti successivi di approvazione da parte della committenza

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

### 3.5 Adeguamento illuminotecnico

Come viene spiegato nel dettaglio del documento NVR\_ES\_00\_d\_U\_RTG\_001\_00 - Relazione Tecnica Generale Descrittiva IP, l'adeguamento illuminotecnico ha comportato l'aggiunta di **21** nuovi corpi illuminanti.

La determinazione delle lavorazioni necessarie all'adeguamento illuminotecnico non si basa solo su aspetti legati alla luce ma deve confrontarsi con aspetti impiantistici e di impatto ambientale. In accordo con le norme UNI nell'ambito dell'illuminazione pubblica, il progetto si prefigge l'adeguamento dell'impianto esistente all'interno di uno scenario urbano e normativo complesso.

Le scelte progettuali di riqualificazione dell'impianto di pubblica illuminazione esistente devono inserirsi all'interno anche di scelte rivolte ad individuare la migliore soluzione progettuale, economicamente inquadrata in un'offerta avente delle soglie ben definite: la finalità è quella di migliorare la qualità della luce sul territorio, minimizzare l'impatto paesaggistico e restituire al Comune un impianto sicuro ed efficiente, anche in termini di costi di gestione.

La progettazione di impianti di illuminazione pubblica esistenti all'interno di contesti urbanizzati deve essere inquadrata su aspetti non solo meramente numerici, ma le scelte progettuali devono tenere conto di aspetti qualitativi e di impatto sul territorio anche di natura estetica.

Si cita di seguito la norma UNI 13201:2016: *"La progettazione e l'ubicazione degli impianti e delle apparecchiature per l'illuminazione stradale possono fare una grande differenza per l'aspetto della strada e dell'ambiente stradale, di giorno e di notte. Ciò vale non solo per l'utente della strada, ma anche per l'osservatore che osserva l'installazione da una certa distanza dalla strada. Ciò vale non solo per l'utente della strada, ma anche per l'osservatore che osserva l'installazione da una certa distanza dalla strada"*.

Dall'analisi delle normative vigenti, dei diversi contesti urbani ed extraurbani in cui insiste l'impianto di pubblica illuminazione comunale, delle diverse tipologie di strade e ostacoli presenti, il progettista attua delle scelte finalizzate alla riqualificazione globale dell'intervento, condivise in atti successivi di approvazione da parte della committenza.

	<b>PROVINCIA DI BRESCIA</b>		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

Le norme UNI EN 40 contengono le prescrizioni nell'ambito dei pali di illuminazione pubblica che sono definiti come sostegni destinati a fare da supporto ad uno o più apparecchi di illuminazione: un fusto, eventuale prolungamento e quando si rende necessario uno sbraccio. Queste norme specificano caratteristiche materiali da impiegare per la costruzione dei pali dedicati all'illuminazione pubblica, fornisce raccomandazioni sui procedimenti di protezione contro la corrosione da adottare per la produzione dei pali e fissa le caratteristiche degli alloggiamenti elettrici, dei passaggi dei cavi e dei morsetti di messa a terra dei pali dritti.

Le norme UNI EN 40 si occupano inoltre di definire le caratteristiche tecniche per:

- la resistenza a fattori esterni;
- la distanza dai conduttori;
- la distanza da opere circostanti;
- carichi eventuali.

L'uso di barriere o di distanziamenti di sicurezza viene stabilito da decreti ministeriali sull'argomento (DM 3 giugno 1998; DM 18 febbraio 1992 n. 223; DM 15 ottobre 1996, DM 21 giugno 2004); le caratteristiche relative a barriere e distanze sono indicate anche nella Norma UNI 1317.

La minima distanza dei sostegni dei corpi illuminanti e di ogni parte dell'impianto dai limiti della carreggiata, fino ad un'altezza di 5 m deve essere: 0,50 m per le strade urbane con marciapiedi con cordonatura; 1,40 m per le strade extraurbane ed urbane prive di marciapiedi con cordonatura.

Distanze inferiori possono essere adottate nel caso la banchina non consenta il distanziamento sopra indicato, distanze maggiori vanno adottate nel caso di banchine adibite anche a parcheggio.

## 4 Iter della progettazione illuminotecnica

### 4.1 Procedimento di analisi dei rischi

Il riferimento normativo principale per la redazione dell'analisi dei rischi è la Norma UNI 11248:2016 che prescrive la tipologia delle categorie stradali e la metodologia di analisi; tale normativa fa riferimento alla Norma UNI 13201:2016-2 per quanto riguarda gli standard illuminotecnici minimi da considerare per il calcolo di verifica e per la tipologia di classificazione delle aree di analisi.

Dopo aver aggiornato la categoria illuminotecnica di ingresso per ogni zona omogenea si è proceduto con l'analisi dei rischi oggetto del presente paragrafo. Tale analisi, la cui procedura è prescritta nella Norma Uni 11248:2016, consiste nella valutazione dei parametri di influenza definiti dalla norma sopracitata, al fine di

individuare la categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio. Tali categorie hanno lo scopo di garantire il miglior rapporto tra consumi energetici e sicurezza della strada.

L'analisi dei rischi riportata in seguito ha valutato quindi una serie di parametri che influiscono sulla sicurezza della strada, valutandoli caso per caso, per ogni zona individuata: la norma UNI 11248:2016, nei prospetti 2 e 3 del capitolo 8.3, indica per ogni parametro di influenza il numero di categorie che è possibile sottrarre alla categoria di ingresso. In questo modo, la categoria illuminotecnica di progetto risulta più bassa o tutta al più uguale a quella di ingresso, ed è quindi un tipo di analisi sottrattiva; in tal senso la norma ci indirizza e guida verso una progettazione a favore dell'efficientamento e del risparmio energetico.

Questa operazione è volta al raggiungimento di un risparmio energetico attraverso una regolazione dei livelli di illuminazione minimi richiesti, in relazione ai rischi reali valutati puntualmente caso per caso.

La categoria di esercizio, ottenuta dall'applicazione dei parametri di influenza variabili nel tempo alla categoria di progetto, considera la possibilità di abbassare la potenza o il flusso dell'apparecchio (e quindi i consumi) durante le ore notturne in relazione ai flussi di traffico effettivamente rilevati sul tratto di strada.

I parametri di influenza utilizzati quindi per effettuare l'analisi dei rischi sono prescritti dal capitolo 8.3 della Norma Uni 11248:2016 e sono suddivisi in due macro-categorie:

- Parametri di influenza costanti nel tempo
- Parametri di influenza variabili nel tempo

#### 4.1.1 Parametri di influenza costanti nel tempo

Tali parametri determinano la categoria illuminotecnica di progetto e sono stati valutati sulla base del rilievo effettuato in loco; sono elencati dal Prospetto 2 del capitolo 8.3 della Norma Uni 11248:2016, come esplicitato nella seguente tabella:

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
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

Tabella 5

Di seguito vengono espresse le definizioni di alcuni dei parametri sopra citati, estratte dalla normativa UNI 11248:

- Complessità del campo visivo: "parametro che, valutata la presenza di ogni

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

elemento visibile compreso nel campo visivo (UNI EN 12665:2011, punto 3.1.10) di un utente della strada, indica quanto l'utente possa esserne confuso, distratto, disturbato o infastidito”;

- Zone di conflitto: “zona della strada nella quale flussi di traffico motorizzato si intersecano fra di loro e o si sovrappongono con zone frequentate da tipi diversi di utenti”;
- Segnaletica cospicua: “segnali stradali che attraggono l'attenzione degli utenti della strada a causa delle caratteristiche costruttive e/o funzionali e che, pertanto, sono facilmente individuabili dagli stessi e correttamente interpretabili”.

#### 4.1.2 *Categoria illuminotecnica di progetto*

Dall'analisi dei rischi con i parametri di influenza costanti nel tempo, come detto, scaturisce la categoria illuminotecnica di progetto.

Per l'intersezione sulla quale verrà realizzata la Rotatoria oggetto del presente Progetto del Comune si ottiene la categoria di progetto **C2**. Nella seguente tabella sono riportate le categorie illuminotecniche di progetto e le relative categorie dalle quali derivano:

Categoria illuminotecnica di ingresso	Categoria illuminotecnica di progetto
C1	C2
M2	C2

Tabella 6

Come introdotto nel paragrafo precedente, l'analisi dei rischi ha portato a delle differenze rispetto alle categorie individuate in ingresso; questa variazione è stata riportata anche per la categoria di progetto confermando i declassamenti o gli aumenti. In particolare, per la maggior parte delle categorie c'è stato un declassamento di categoria.

Tali calcoli illuminotecnici sono eseguiti tenendo come riferimento le prescrizioni dettate secondo normative UNI 11248 e UNI EN 13201-2.

#### 4.1.3 *Parametri di influenza variabili nel tempo*

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, esplicitati nella seguente tabella:

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
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

Tabella 8

#### 4.1.4 *Categoria illuminotecnica di esercizio*

I corpi illuminanti previsti da progetto saranno dotati di controllo punto - punto e telegestione del quadro: queste soluzioni permetteranno una dimmerazione specifica per gli apparecchi, ovvero saranno impostanti per ridurre il flusso, nelle ore centrali della notte, del 30/50% a secondo della categoria illuminotecnica di riferimento della strada.

Le ore con riduzione di potenza e a piena potenza seguono la stagionalità come prescritto dalla norma vigente. Ma in linea generale seguiranno i seguenti profili:

**PROFILO 1** Nessuna regolazione (gli apparecchi funzionano tutta la notte al 100%)

**PROFILO 2** Uno step di regolazione per le categorie illuminotecniche più basse, M5, C5, P4, P7 (gli apparecchi saranno dimmerati al 70% dalle 22:00 alle 06:00)

**PROFILO 3** Due step di regolazione per le categorie più alte M3, M4, C2, C3, P2, P3 (gli apparecchi funzioneranno al 70% dalle 22:00 alle 00:00 e dalle 05:00 alle 06:00 e saranno ulteriormente dimmerati al 50% dalle 00:00 alle 05:00)

Gli orari di dimmerazione sopradescritti si rifanno alla parte funzionale dell'impianto.

Come sopra descritto, prendendo in considerazione il calcolo delle categorie illuminotecniche di esercizio si è deciso di declassare la zona omogenea di due categorie: da C2 a C4.

Categoria illuminotecnica di progetto	Categoria illuminotecnica di esercizio
C2	C4

Il riepilogo contiene i risultati delle verifiche illuminotecniche svolte riducendo il flusso dei corpi illuminanti del 30% e declassando di una categoria illuminotecnica.




	<b>PROVINCIA DI BRESCIA</b>		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

Con il secondo step di dimmerazione (50%) e conseguente doppio salto di categoria resta garantito il rispetto dei valori parametrici della norma di riferimento riportati in *Tabella 2 Valori richiesti dalla norma UNI 13201:2016*.

#### 4.1.5 *Codici e caratteristiche degli apparecchi di progetto*

La presente tabella riporta i codici e le principali caratteristiche degli apparecchi di progetto utilizzati.

<b>CODICE APPARECCHIO</b>	<b>MODELLO</b>	<b>NOME FILE FOTOMETRICO</b>	<b>POTENZA [W]</b>
FUL-01	FULGOR 1	FULGOR 1 F1036BP5103B02	39,60

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

## 5 ALLEGATO 1 : VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE

### Contenuto

Lista lampade

### Scheda prodotto

FULGOR 1 F1036BP5103B02 (1x LED)

### Area 1

Disposizione lampade

Lista lampade

Oggetti di calcolo / Scena luce 1

Ciclopedonale1 / Scena luce 1 / Illuminamento perpendicolare (adattivo)

Ciclopedonale2 / Scena luce 1 / Illuminamento perpendicolare (adattivo)

Ciclopedonale3 / Scena luce 1 / Illuminamento perpendicolare (adattivo)

Ciclopedonale4 / Scena luce 1 / Illuminamento perpendicolare (adattivo)

Strada / Scena luce 1 / Illuminamento perpendicolare (adattivo)

Strada / Scena luce 1 / Luminanza

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

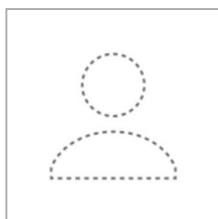
## Lista lampade

$\Phi_{\text{totale}}$	$P_{\text{totale}}$	Efficienza
95928 lm	831.6 W	115.4 lm/W

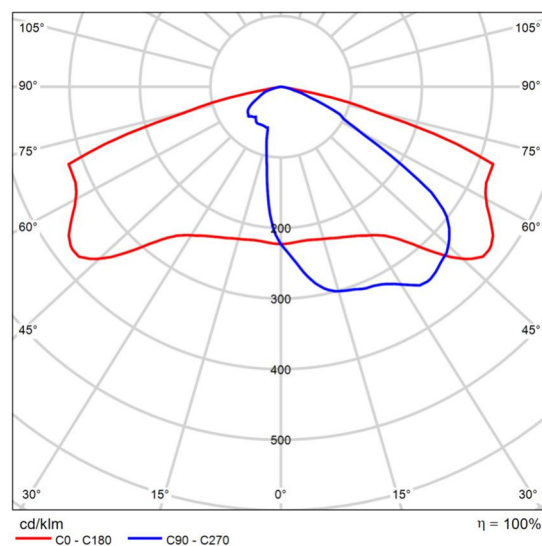
Pz.	Produttore	Articolo No.	Nome articolo	P	$\Phi$	Efficienza
21	Non ancora Membro DIALux		FULGOR 1 F1036BP5103B02	39.6 W	4568 lm	115.3 lm/W

## Scheda tecnica prodotto

Non ancora Membro DIALux - FULGOR 1 F1036BP5103B02



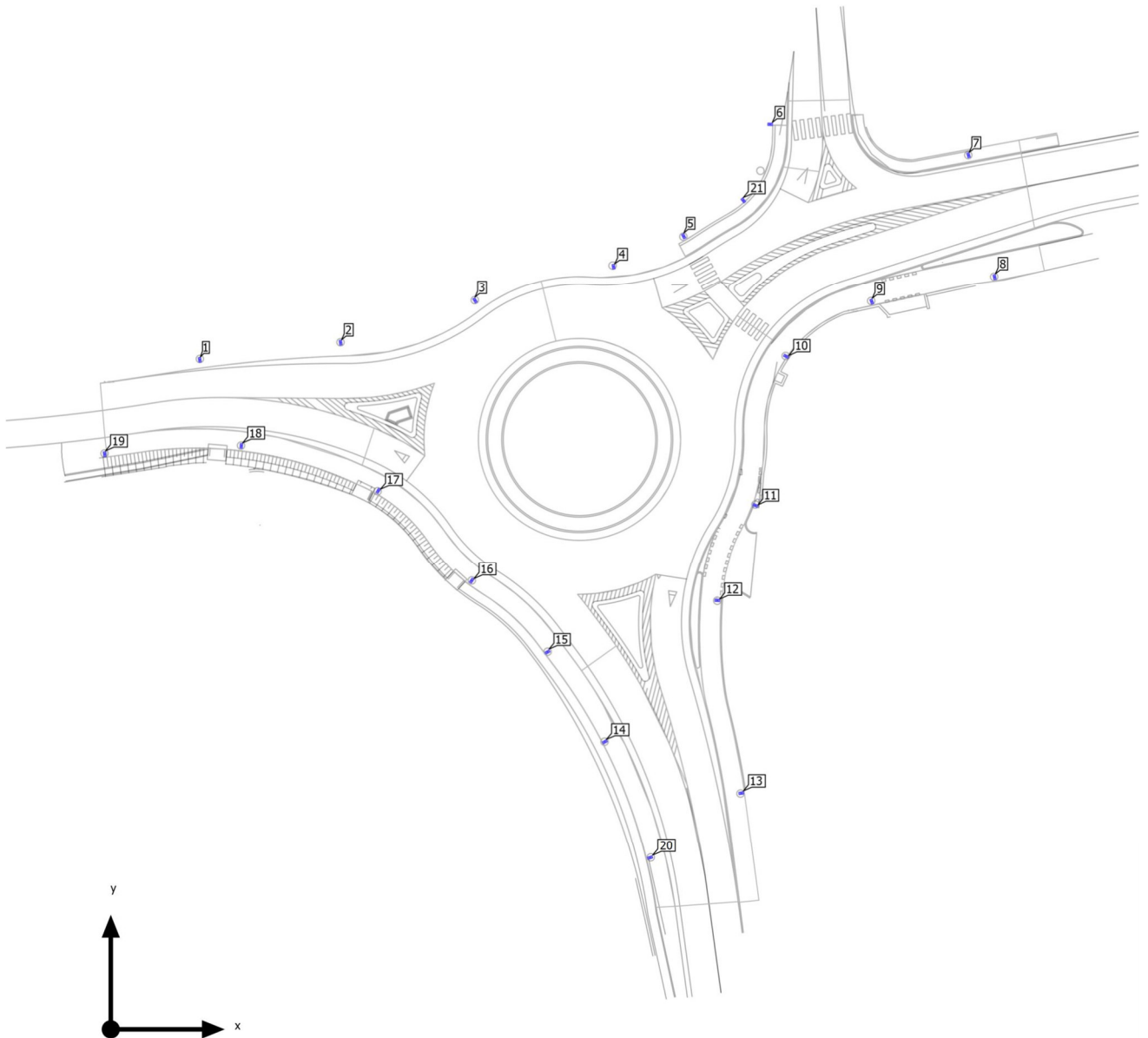
P	39.6 W
$\Phi_{\text{Lampadina}}$	4568 lm
$\Phi_{\text{Lampada}}$	4568 lm
$\eta$	100.00 %
Efficienza	115.3 lm/W
CCT	3000 K
CRI	70



CDL polare

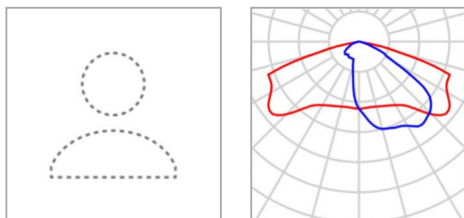
Area 1

Disposizione lampade



## Area 1

### Disposizione lampade



Produttore DIALux	Non ancora Membro	P	39.6 W
Nome articolo F1036BP5103B02	FULGOR 1	$\Phi_{\text{Lampada}}$	4568 lm
Dotazione	1x LED		

### Lampade singole

X montaggio	Y	Altezza di	Lampada
11.429 m	86.052 m	10.000 m	1
29.533 m	88.268 m	10.000 m	2
46.808 m	93.689 m	10.000 m	3
64.619 m	98.100 m	10.000 m	4
73.635 m	102.005 m	10.000 m	5
84.751 m	116.365 m	12.000 m	6
110.243 m	112.404 m	10.000 m	7
113.597 m	96.772 m	10.000 m	8
97.804 m	93.541 m	10.000 m	9
86.795 m	86.505 m	10.000 m	10
82.854 m	67.309 m	10.000 m	11
77.957 m	55.029 m	10.000 m	12
81.043 m	30.301 m	10.000 m	13



## Area 1

### Disposizione lampade

X	Y	Altezza di montaggio	Lampada
63.498 m	36.888 m	10.000 m	14 <input type="checkbox"/>
56.128 m	48.410 m	10.000 m	15 <input type="checkbox"/>
46.387 m	57.568 m	10.000 m	16 <input type="checkbox"/>
34.368 m	69.191 m	10.000 m	17 <input type="checkbox"/>
16.771 m	74.977 m	10.000 m	18 <input type="checkbox"/>
-0.791 m	73.919 m	10.000 m	19 <input type="checkbox"/>
69.323 m	21.959 m	10.000 m	20 <input type="checkbox"/>
81.300 m	106.600 m	12.000 m	21 <input type="checkbox"/>

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ILLUMINOTECNICA	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

## Area 1

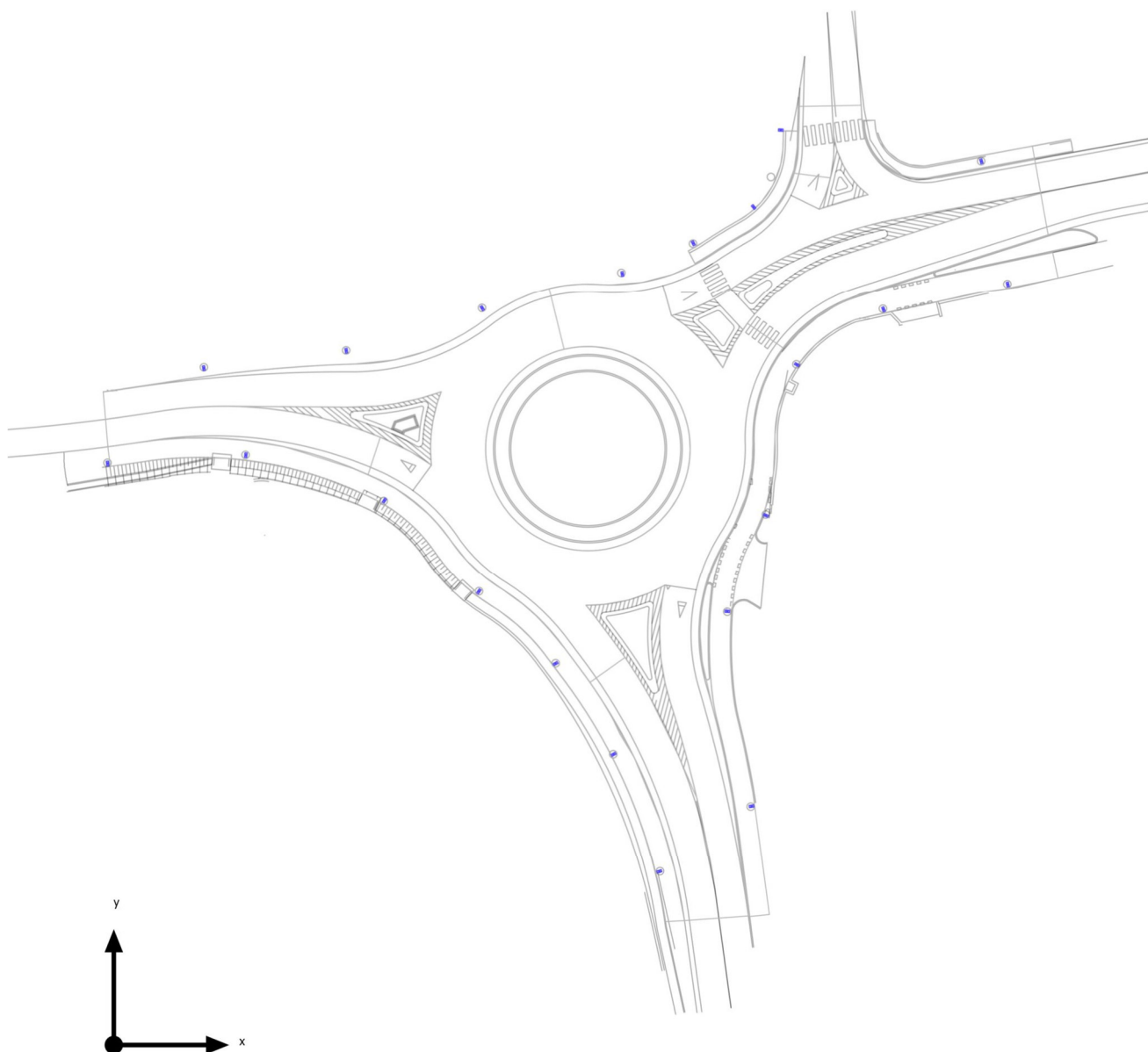
### Lista lampade

$\Phi_{\text{totale}}$	$P_{\text{totale}}$	Efficienza
95928 lm	831.6 W	115.4 lm/W

Pz.	Produttore	Articolo No.	Nome articolo	P	$\Phi$	Efficienza
21	Non ancora Membro DIALux		FULGOR 1 F1036BP5103B02	39.6 W	4568 lm	115.3 lm/W

Area 1 (Scena luce 1)

Oggetti di calcolo



## Area 1 (Scena luce 1)

## Oggetti di calcolo

### Oggetto risultati superfici

Proprietà	Ø	min.	max	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Indice
Ciclopedonale1 Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	15.4 lx	7.40 lx	21.5 lx	0.48	0.34	RS1 <input type="text"/>
Ciclopedonale1 Luminanza Altezza: 0.000 m	0.98 cd/m <sup>2</sup>	0.47 cd/m <sup>2</sup>	1.37 cd/m <sup>2</sup>	0.48	0.34	RS1 <input type="text"/>
Ciclopedonale2 Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	14.2 lx	6.69 lx	21.8 lx	0.47	0.31	RS2 <input type="text"/>
Ciclopedonale2 Luminanza Altezza: 0.000 m	0.91 cd/m <sup>2</sup>	0.43 cd/m <sup>2</sup>	1.39 cd/m <sup>2</sup>	0.47	0.31	RS2 <input type="text"/>
Ciclopedonale4 Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	16.5 lx	9.10 lx	23.1 lx	0.55	0.39	RS3 <input type="text"/>
Ciclopedonale4 Luminanza Altezza: 0.000 m	1.05 cd/m <sup>2</sup>	0.58 cd/m <sup>2</sup>	1.47 cd/m <sup>2</sup>	0.55	0.39	RS3 <input type="text"/>
Ciclopedonale3 Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	10.2 lx	7.08 lx	13.8 lx	0.69	0.51	RS4 <input type="text"/>
Ciclopedonale3 Luminanza Altezza: 0.000 m	0.65 cd/m <sup>2</sup>	0.45 cd/m <sup>2</sup>	0.88 cd/m <sup>2</sup>	0.69	0.51	RS4 <input type="text"/>
Strada Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	17.1 lx	7.01 lx	26.0 lx	0.41	0.27	RS5 <input type="text"/>
Strada Luminanza Altezza: 0.000 m	1.09 cd/m <sup>2</sup>	0.45 cd/m <sup>2</sup>	1.66 cd/m <sup>2</sup>	0.41	0.27	RS5 <input type="text"/>



Area 1 (Scena luce 1)

Ciclopedonale2

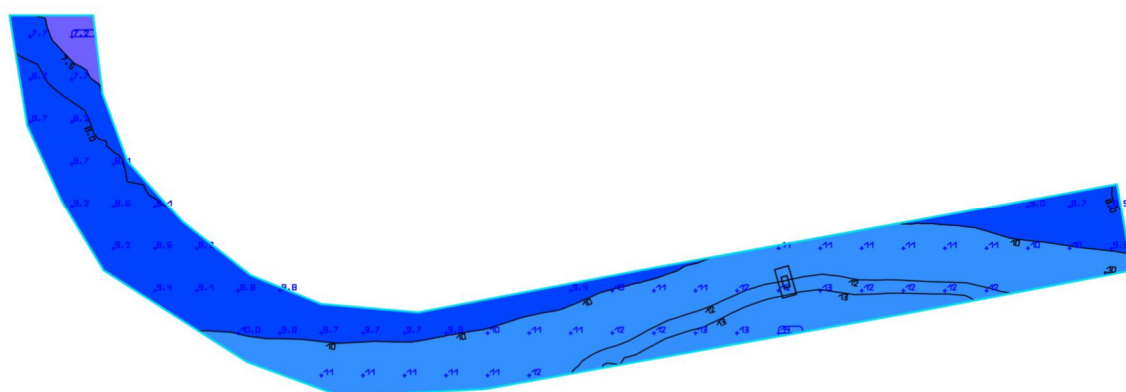


Proprietà	$\bar{E}$	$E_{min.}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Indice
Ciclopedonale2 Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	14.2 lx	6.69 lx	21.8 lx	0.47	0.31	RS2 <input type="text"/>

Profilo di utilizzo: Preimpostazione DIALux, Standard (area di transito)

Area 1 (Scena luce 1)

Ciclopedonale3



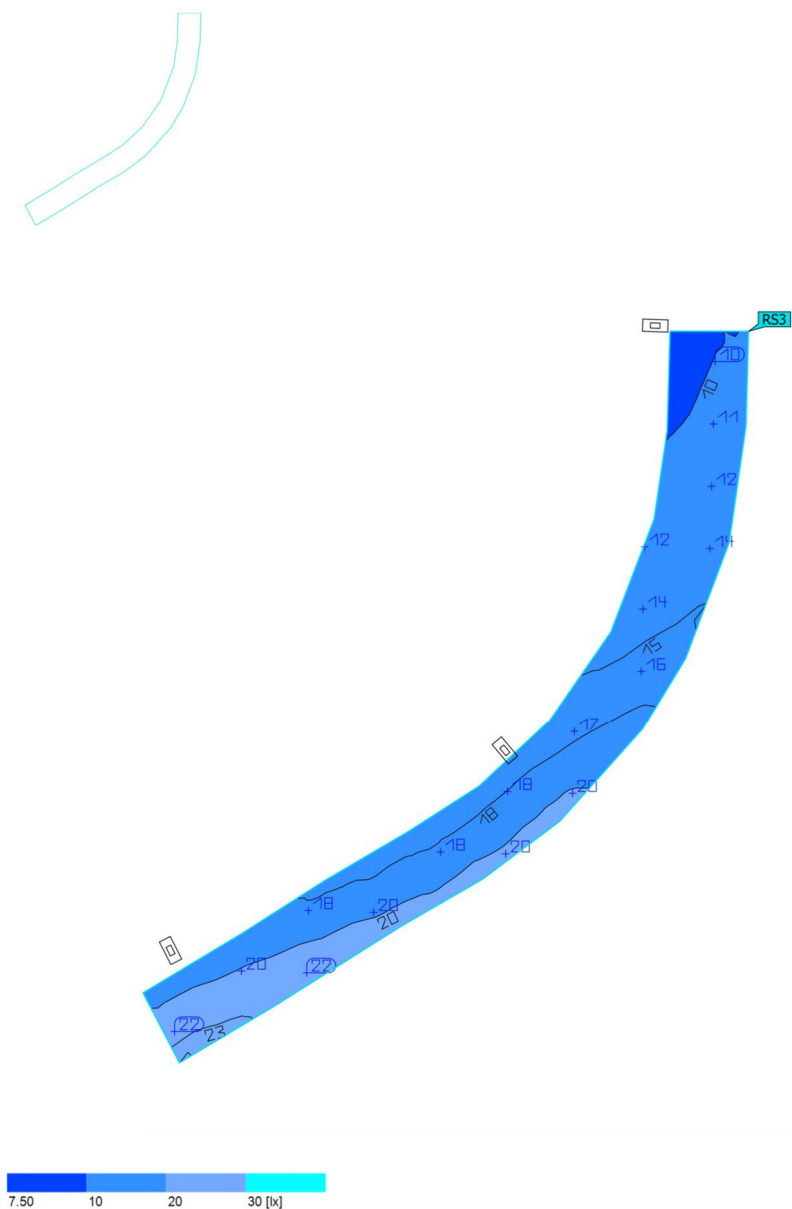
Proprietà	$\bar{E}$	$E_{min.}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Indice
Ciclopedonale3	10.2 lx	7.08 lx	13.8 lx	0.69	0.51	RS4 <input type="checkbox"/>
Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m						

Profilo di utilizzo: Preimpostazione DIALux, Standard (area di transito)



Area 1 (Scena luce 1)

Ciclopedonale4

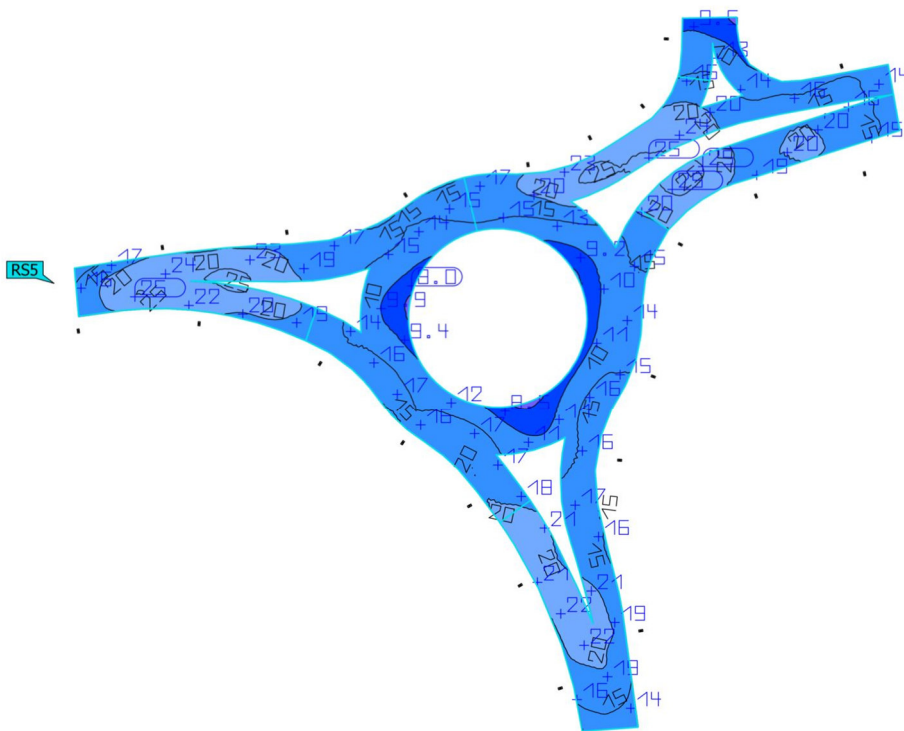
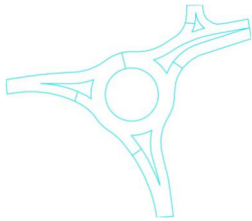


Proprietà	$\bar{E}$	$E_{min.}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Indice
Ciclopedonale4 Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	16.5 lx	9.10 lx	23.1 lx	0.55	0.39	RS3 <input type="text"/>

Profilo di utilizzo: Preimpostazione DIALux, Standard (area di transito)

## Area 1 (Scena luce 1)

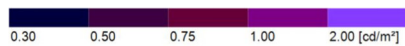
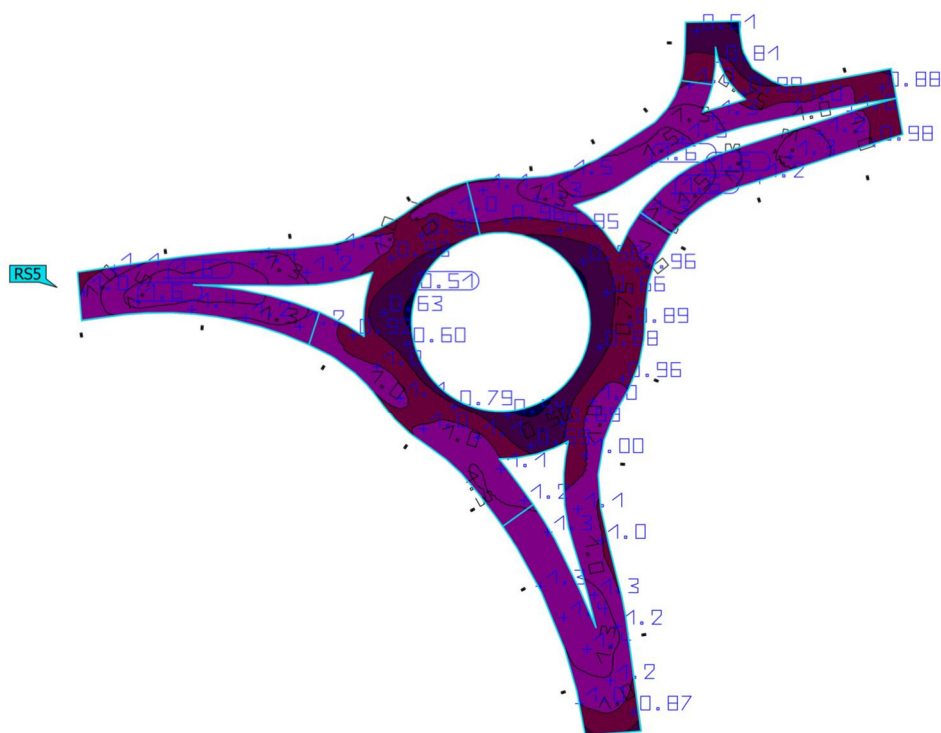
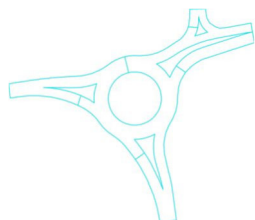
### Strada



Proprietà	$\bar{E}$	$E_{min.}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Indice
Strada Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	17.1 lx	7.01 lx	26.0 lx	0.41	0.27	RS5 <input type="text"/>

Profilo di utilizzo: Preimpostazione DIALux, Standard (area di transito)

Area 1 (Scena luce 1)  
Strada



Proprietà	Ø	min.	max	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Indice
Strada Luminanza Altezza: 0.000 m	1.09 cd/m²	0.45 cd/m²	1.66 cd/m²	0.41	0.27	RS5

Profilo di utilizzo: Preimpostazione DIALux, Standard (area di transito)

