



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



*Ministero dello Sviluppo Economico*

## RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Relazione relativa all'attività A: Contributo allo sviluppo di sistemi di  
illuminazione intelligenti per la gestione della "Smart Street"  
Parte prima: Ricerca progettuale

*Maurizio Rossi, Fulvio Musante, Daria Casciani*



RELAZIONE RELATIVA ALL'ATTIVITÀ A: CONTRIBUTO ALLO SVILUPPO DI SISTEMI DI  
ILLUMINAZIONE INTELLIGENTI PER LA GESTIONE DELLA "SMART STREET"  
PARTE PRIMA: RICERCA PROGETTUALE

Maurizio Rossi, Fulvio Musante, Daria Casciani (Politecnico di Milano, Dipartimento Indaco)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: Tecnologie per il risparmio elettrico  
nell'illuminazione pubblica

Responsabile Progetto: Simonetta Fumagalli, ENEA

Il rapporto comprende allegati



**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA

**Accordo di collaborazione tra ENEA e Politecnico di Milano, Dipartimento INDACO, nell'ambito dell'Accordo di Programma MSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico, Piano Annuale di Realizzazione 2008-2009, Progetto 3.2 “Tecnologie per il risparmio elettrico nell’illuminazione pubblica”, per una attività di ricerca dal titolo: “Advance LED Lighting Design nell’Illuminazione Pubblica “.**

Relazione relativa all'attività A: Contributo allo sviluppo di sistemi di illuminazione intelligenti per la gestione della “Smart Street”

Parte prima: Ricerca progettuale

Allegati:

A - VALUTAZIONE COMPARATIVA EDISON

B - VALUTAZIONE COMPARATIVA LEDIL

Milano, 18.4.2011

Il responsabile scientifico della ricerca

Prof. Maurizio Rossi

Politecnico di Milano



## INDICE

1	CONTESTO DI STUDIO .....	3
1.1	Casi studio specifici .....	4
1.2	Aree di studio .....	8
2	REQUISITI DI PROGETTO: ILLUMINAZIONE FUNZIONALE.....	12
2.1	Richiamo alle norme.....	12
3	STRATEGIE DI PROGETTO .....	17
4	REQUISITI OTTICI .....	20
4.1	Sorgenti LED + OTTICA .....	20
4.2	Ottiche Free Form .....	21
4.3	Sistema modulare .....	22
4.3.1	Lenti LEDIL serie "Strada" .....	22
4.3.2	Ipotesi Layout modulo con Lenti LEDIL serie "Strada" .....	25
4.3.3	Ipotesi Layout modulo EDISON.....	26
5	RICERCA DELLO STATO DELL'ARTE: APPARECCHI MODULARI A LED .....	28
5.1	Edison Opto: EDIS street lighting module.....	28
5.2	Osram Semiconductor: SML LED street light module.....	30
5.3	Khatod: Galileo .....	30
5.4	Carclo: Hybrid Street Lighting.....	33
5.5	Philips: CityWing .....	34
5.6	Philips: Roadstar .....	34
5.7	Ruud Lighting: LightBar .....	36
5.8	Lago: Kaido Line.....	36
6	REQUISITI DI DESIGN.....	38
6.1	Urban beautification .....	38
7	VALUTAZIONE E SELEZIONE DEI MODULI LED .....	40
7.1	Prove di misura e simulazione .....	40
7.1.1	Edison + Lente Morg .....	40
7.1.2	Lenti LEDIL serie STRADA + LED CREE XP-G .....	44
7.2	Prove di valutazione impiantistica.....	46
7.3	Considerazioni sulle prestazioni fotometriche.....	47
7.4	Flessibilità di sistema.....	48



## 1 CONTESTO DI STUDIO

La ricerca e lo sviluppo di un apparecchio a LED viene sviluppato a partire da un caso studio, ovvero un contesto applicativo tipologico individuato nel comune lombardo di Marcallo Con Casone, un luogo di medio interesse storico scelto sia perché inserito all'interno del progetto di risparmio energetico Lumiere promosso da ENEA sia perché riassume, in piccola scala, una serie di caratteristiche urbane e storiche che possono essere replicate in tutti i piccoli comuni italiani della stessa tipologia.

In particolare sono state selezionate **zone di interesse pubblico (in esterni o interni urbani) appartenenti alle categorie denominate CE + S.**

In dettaglio, Marcallo con Casone, presenta una classificazione di tipi di strade F, ovvero:

- \_ **Strade urbane interzonali (traffico motorizzato lento + pedoni)**
- \_ **Strade urbane zonali**

Successivamente ad una riunione interna con ENEA si è deciso di concentrarsi maggiormente sulle tipologie di strada localizzate all'interno di:

### **Centri storici**

(con dimensioni ridotte delle strade in cui l'installazione non sia soltanto a palo ma anche tramite l'utilizzo di bracci al lato strada e sfruttando il sistema "tradizionale" a sospensione. Inoltre è da tenere in considerazione, da un lato, il cosiddetto "light trespass" al fine di non invadere gli interni degli edifici circostanti di luce non richiesta e, dall'altro, quello di rispettare il contesto storico in cui l'installazione si colloca)

### **Aree pedonali**

(situazioni in cui il soggetto principale di utilizzo sia il pedone, sia in esterni che in interni semichiusi come portici e gallerie)

Di minore interesse, anche se non del tutto abbandonate nella fase di ricerca e di concept, sono ritenute le zone definite

### **Isole ambientali**

(inserite in contesti in cui l'elemento principale sia la natura e quindi parchi e giardini distinguendo da un lato aree generali in cui l'illuminazione non sia uniformemente distribuita



**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA

sul terreno erboso e dall'altro aree di illuminazione specifica come sentieri e zone di percorrenza pedonale o ciclabile)

### **1.1 Casi studio specifici**

All'interno del **comune di Marcallo con Casone** sono state individuate, nello specifico, alcune aree che rispecchiano i vari contesti applicativi precedentemente definiti.

Poiché non esiste Piano Urbano del Traffico (PUT) per il territorio oggetto di studio, né precedenti Piani dell'Illuminazione, per la classificazione delle strade comunali si fa riferimento alla norma UNI 10439 (che classifica le strade secondo il Codice della Strada). Sono state oggetto di classificazione esclusivamente le strade urbane ed extraurbane con traffico motorizzato tralasciando parchi, aree commerciali riservate a pedoni, strade con particolare rilievo architettonico e casi in cui prevalgono esigenze estranee a quelle della circolazione motorizzata.

Le classi individuate sono:

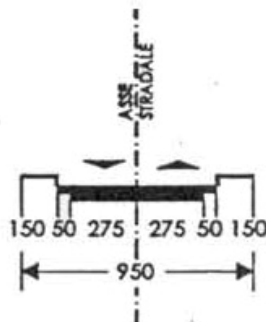
**Classe F – strade urbane interzonali;**

**Classe F – strade urbane locali;**

**Casi specifici** di applicazione sono:

**Via Rossini, via Battisti, via Leonardo da Vinci (strade urbane zonali)**

**Via Roma, Via Manzoni (strade urbane interzonali)**





**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA

Come riportato dalla figura, le dimensioni della strada urbana locale e Interzonale con 2 corsie di marcia e marciapiedi sui due lati presentano una dimensione totale di 9.50 m mentre la dimensione delle singole due carreggiate è di 5.50 m.

Infine, ma di minor importanza perché sono aree che rientrano nella categoria **Isole Ambientali**:

### Sentieri e vialetti all'interno di giardini e parchi

**Parco Ghiotti;**

**Area prospiciente il cimitero.**

**Vari cortili interni delle Ville** (Villa Ghiotti (palazzo comunale), Villa Mazzetti, Villa Magnaghi, Villa Visconti – Maineri)

**“Parchi giochi”** (All'interno del Parco Ghiotti, (verso strada))

Un riassunto esplicativo di quanto riportato precedentemente è stato inserito nella seguente tabella che riassume, rappresentandoli, quali saranno i luoghi di riferimento per l'applicazione progettuale.

Contesto applicativo	Caso studio specifico	Immagine
<b>Isole pedonali: piazze</b>	Piazza Italia Piazzetta Macrom	



POLITECNICO DI MILANO  
INDACO  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA

**Strade urbane  
zonali  
interzonali:  
centri storici,  
zone 30**

(macchine + pedoni)

Classificazione  
strada F

Via Manzoni

ma anche

Via Rossini,  
Via Battisti,  
Via Leonardo da  
Vinci



Via Roma







**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA

<p><b>Isole ambientali: parchi</b></p>	<p>Parco Ghiotti, cortili di Ville</p>	
<p><b>Isole ambientali pedonali: sentieri di parchi e giardini</b></p>	<p>Parco Ghiotti Cortili interni di Ville Storiche come Villa Maniaghi</p>	



**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA



## **1.2 Aree di studio**

Al fine di limitare i casi studio a due tipologie specifiche, si è ridotta la lista dei luoghi alla seguente:

**Piazza Italia**

**Via Manzoni**

**Via Rossini**

**Piazzetta Macrom**

Si tratta di luoghi di interesse storico e culturale, centrali e interconnessi tra loro, situati in un contesto prevalentemente pedonale tra la chiesa principale e il palazzo del Comune. Come si vede dalla mappa riportata di seguito, infatti, le tre aree di interesse sono contigue una all'altra e situate nel cuore del centro storico del Comune.



Figura 1 Pianta di Marcallo con Casone della zona specifica presa in considerazione

In particolare:

Piazza Italia è la piazza centrale del Comune di Marcallo Con Casone, luogo di incontro e di svago grazie alla presenza di ampie zone verdi recintate intorno alle quale è possibile sedersi e riposare nella frescura degli alberi. La Piazza è però prevalentemente caratterizzata da sentieri con selciato e spiazzi in cui la cura della pavimentazione è evidente sia nell'uso dei colori, delle texture e soprattutto del pattern realizzato a terra.



**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA



Figura 2 Immagini relative a Piazza Italia (Marcallo Con Casone)

Come è evidente dalle immagini, la pavimentazione di questo spazio è molto particolare, studiata attraverso l'uso di materiali lapidei diversi sia per quanto riguarda le forme che i colori e le modalità di posa secondo disegni geometrici che regolano la lettura dello spazio. Ai sampietrini di un caratteristico colore grigio-rossastro si affiancano ciottoli e altri materiali lapidei più chiari a creare riquadri, linee e percorsi, labirinti.

Via Manzoni è la via che passa di fronte alla Piazza Italia e collega l'ingresso all'arteria principale del Comune, via Roma con l'interno. Particolarmente interessante come esempio di strada interna ad un centro storico di piccole dimensioni, via Manzoni è incorniciata sia a destra che a sinistra da palazzi privati di piccole dimensioni (tre piani al massimo) ed è una via motorizzata ma con larghi spazi di passeggio per i pedoni. La pavimentazione è costituita da sampietrini che disegnano isole pedonali, salvagente e gli attraversamenti.





Figura 3 Viste di via Manzoni (Marcallo Con Casone)

Più piccola e laterale risulta la Via Rossini che è una traversa della via precedentemente menzionata. Essendo di minore importanza, la pavimentazione è caratterizzata da asfalto semplice.

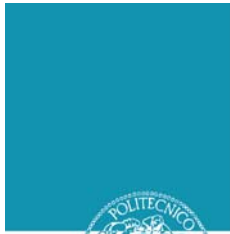


Figura 4 Particolare dell'incrocio di Via Manzoni con via Rossini (Marcallo con Casone) in cui è possibile notare il cambiamento di texture della pavimentazione

Infine, particolarmente interessante sia dal punto di vista della realizzazione delle superfici e delle texture calpestabili sia dal contesto in cui è collocata, la Piazzetta Macrom è un piccolo spiazzo squadrato, incorniciato da abitazioni private di piccola dimensione tranne che per un lato da cui vi si accede ed è caratterizzata da un pattern grafico a terra, una sorta di tappeto urbano con grafiche geometriche costituite dai colori nero, bianco, rosso.



Figura 5 Piazza Macrom (Marcallo con Casone)



**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA

## 2 REQUISITI DI PROGETTO: ILLUMINAZIONE FUNZIONALE

### 2.1 *Richiamo alle norme*

L'illuminazione degli esterni ha solitamente due caratteristiche principali: da un lato essere funzionale alla visione e all'orientamento per rendere visibile il contesto urbano durante la notte, quindi uno scopo eminentemente pratico, dall'altro, tramite una luce emozionale, ridisegnare la città notturna rendendola interessante e piacevole da vivere.

L'illuminazione funzionale alla visione risponde ad una serie di norme e di specifiche che determinano sostanzialmente i parametri per cui un impianto di illuminazione debba essere progettato e i valori di luce necessari affinché un luogo possa essere considerato illuminato in maniera corretta e sicura.

Tali caratteristiche e parametri sono trattati da una serie di norme di carattere europeo, nazionale e regionale che stabiliscono i valori illuminotecnici da prendere in considerazione per una corretta illuminazione: Si tratta dunque di tutti i valori misurabili e quindi, la quantità di luce necessaria per muoversi, orientarsi e riconoscere i volti (illuminamento a terra e illuminamento semicilindrico (Lux)) l'uniformità delle luminanze, i valori di Resa Cromatica in prossimità di aree di particolare interesse storico (Ra), abbagliamento (Ugr).

I riferimenti sono i seguenti:

\_Norma UNI EN 13201-2: 2004

\_Norma UNI 11248 del 2007

\_Legge Regionale 21 Dicembre 2004 n° 38 Pubblicata sul Bollettino

Ufficiale della Regione Lombardia 2° suppl. Ordinaria al n° 52 - 24 Dicembre 2004.

Inoltre, bisogna anche considerare parametri e caratteristiche relative ai contesti applicativi in cui il progetto di illuminazione verrà localizzato e, di conseguenza, anche tutti i parametri relativi ai rapporti dimensionali degli impianti e delle strade considerate.

I riferimenti sono i seguenti:

\_Decreto legislativo n. 285 del 30-4-1992 : "Nuovo Codice della Strada"

\_DPR 495/92 : "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada"

Nel caso specifico del Comune di Marcallo Con Casone, il PRICC definisce alcuni parametri da prendere in considerazione per la progettazione delle classi F (strade urbane locali interzonalì e



zionali). In particolare si definiscono i valori minimi di resa cromatica da tenere su tali strade ( $R_a = 20$ ) e l'interdistanza tra i pali nell'installazione con un rapporto tra interdistanza e altezza del palo di 4. La tabella seguente è stata estrapolata dal documento PRICC e riporta i valori da tenere in considerazione per la realizzazione di impianti di illuminazione pubblica:

Classificazione delle strade e categoria illuminotecnica

Classe	Tipo di strada e ambito territoriale	Indice di categoria illuminotecnica	Tipo di lampade	Resa cromatica (per SA)	Rapporto minimo consigliato interdistanza/altezza sostegno
A	Autostrade extraurbane	6	SB-SA	$R_a = 20-25$ Oppure MC	3,5
A	Autostrade urbane	6	SA	$R_a = 20-25$	3,5
B	Strade extraurbane principali	6	SB-SA	$R_a = 20-25$ Oppure MC	3,5
C	Strade extraurbane secondarie	5	SB-SA	$R_a = 20-25$ Oppure MC	3,5
D	Strade urbane di scorrimento veloce	6	SA	$R_a = 20-65$	3,5
D	Strade urbane di scorrimento	4	SA	$R_a = 20-25$	4
E	Strade urbane interquartiere	5	SA	$R_a = 20-65$	3,5
E	Strade urbane di quartiere	4	SA	$R_a = 20-25$	4
F	Strade extraurbane locali	4	SA	$R_a = 20-25$	4
F	Strade urbane locali interzonali	3	SA	$R_a = 20-25$	4
F	Strade urbane locali	2	SA	$R_a = 20-25$	4

Le strade urbane locali e interzonali considerate per la simulazione del progetto in questione, sono classificate come F e quindi la categoria illuminotecnica di riferimento per questa classe di strade, secondo la normativa UNI EN 13201-2:2004 sono le seguenti:

### CE e S

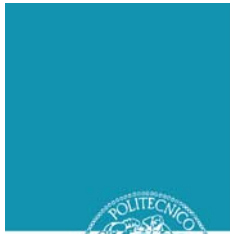
Nelle tabelle che seguono sono riportati i valori di illuminamento (Lux) e di uniformità generale della strada che sono i valori limite minimi da considerare nel progetto di illuminazione.

Classe	Illuminamento orizzontale	
	$E$ in lux (medio mantenuto)	$U_o$ (minimo)
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

Classe	Illuminamento orizzontale	
	$E$ in lux <sup>3</sup> (minimo mantenuto)	$E_{min}$ in lux (mantenuto)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	Prestazione non stabilita	Prestazione non definita

<sup>3</sup> per assicurare l'uniformità, il valore reale dell'illuminamento medio mantenuto non deve 1,5 volte il valore nominale  $E$  della classe considerata

Oltre a questi dati, il documento Pricc del Comune di Marcallo stabilisce che il rapporto tra l'altezza e l'interdistanza dei pali non deve essere inferiore a 4 e che l'indice di resa Cromatica dovrà essere almeno superiore a 20-25 (considerando le lampade a vapori di sodio ad alta pressione).



**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA

## 2.2 Requisiti di progetto

Date le premesse rispetto alle normative di riferimento e ai contesti d'uso considerati, le configurazioni del progetto sono molteplici in quanto le possibili applicazioni, i contesti d'uso e le specifiche caratteristiche illuminotecniche saranno conseguentemente diverse.

Aree Pedonali:

### ***Sentieri e camminamenti***

Palo di altezza 4.5 metri

Posizionamento laterale rispetto alla strada

Curva asimmetrica

### ***Piazze***

Palo di altezza 4.5 metri

Posizionamento centrale rispetto alla piazza secondo una matrice

Inserimento di diversi punti luminosi

Curva dipendente dalle varie geometrie del contesto d'uso e quindi modificabile

*(in base al collocamento del palo rispetto alla geometria della piazza e al contesto circostante come la presenza di edifici o particolari storici da illuminare)*

Strade urbane locali e interzonali categoria F:

### **Strade motorizzate, zone 30 e pedonali**

Palo di altezza 6.5 metri

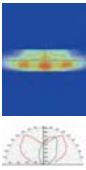
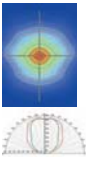
Posizionamento laterale rispetto alla strada

Posizionamento laterale con braccio e attacco a muro

Curva fotometrica asimmetrica





	APPLICAZIONE			PARAMETRI IMPIANTO				PARAMETRI ILLUMINOTECNICI							SISTEMA	
	Contesto applicativo	Tipo di situazione e di illuminazione EN13201	Attività principale	Caso studio applicativo	Supporto	Altezza install. (m)	Posizione	Larghezza strada (m)	Categoria illuminotecnica	Curva fotometrica	E medio minimo mantenuto (lux)	Emin (lux)	U0	Flusso da installare (lm) circa		Numero di LED @350 mA e 100 lm (circa)
1_AREE PEDONALI	<b>Isole pedonali: camminanti per pedoni</b>  (marciapiedi, corridoi, attraversamenti, aree)	E1 – E2	Camminare Evitare gli ostacoli Riconoscere i volti Attraversare la strada Utente prevalente: pedone	Piazza Italia	Palo	4.5	Laterale rispetto alla strada  Necessità di evitare che il flusso luminoso entri negli edifici circostanti	4.5	CE5 / S3		7.5	1.5	0.4	1688	17	<b>1A</b>
	<b>Isole pedonali: piazze</b>	E1	Sostare, ammirare il contesto, sedersi, muoversi	Piazza Italia Piazzetta Macrom	Palo	4.5	Configurazione tradizionale, secondo una disposizione a matrice all'interno dello spazio della piazza	-	S3		7.5	1.5	-	1688	17	<b>1B</b>
	<b>Isole pedonali: piazze</b>	E1	Illuminare dettagli o particolari	Piazza Italia e Macrom	Palo	4 / 4.5	Configurazioni varie	4.5	CE5 / S3	Curve derivate da combinazioni di diversi moduli per illuminare il contesto secondo necessità	7.5	1.5	-	-	-	<b>***</b>



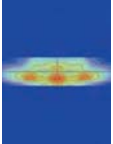

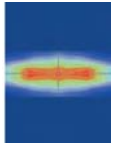
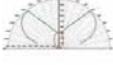
2_ZONE PER PEDONI + TRAFFICO LENTO + CICLISTI	Strade locali urbane e interzonali: centri storici, zone 30 (strade classi F)	D2	Camminare in automobile Andare in bicicletta (limiti velocità 30 Km/h)	Via Rossini Via Manzoni	Palo, braccio inserito in facciata	6.5	Laterale rispetto alla strada	6.5	CE4	 	10	-	0.4	4334	44	2A
	Strade locali urbane e interzonali: centri storici, zone 30 (strade classi F)	D2	Camminare in automobile Andare in bicicletta (limiti velocità 30 Km/h)	Via Rossini Via Manzoni	Sospensione (applicazione potenziale)	6.5	Centrale rispetto alla strada	6.5	CE4	 	10	-	0.4	4334	44	2B

Tabella 1 Schema riassuntivo dei requisiti di progetto relativi alle aree considerate



### 3 STRATEGIE DI PROGETTO

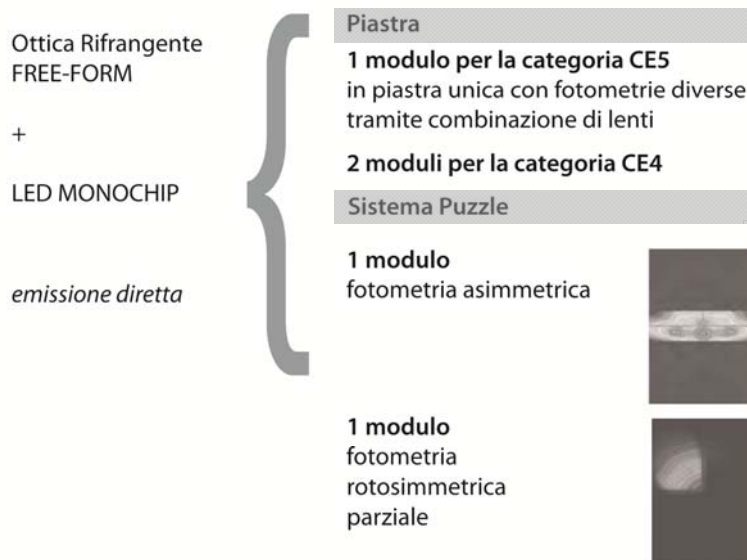
Una volta stabiliti i requisiti illuminotecnici e il contesto di applicazione e fatta una ipotesi generale su che tipologie di curve fotometriche siano utili in base alle varie applicazioni, si è definito il concept centrale del progetto, ovvero **la modularità della soluzione di illuminazione**.

**Modularità** vuol dire che il classico apparecchio di illuminazione viene frammentato in sotto insiemi, o moduli, che servano, **una volta composti e combinati, a risolvere differenti situazioni applicative e quindi formulino diverse curve fotometriche in base alla necessità applicativa specifica**.

Assunto come concetto base la modularità, dunque, esso può essere declinato in una serie di soluzioni progettuali dal punto di vista ottico molto diverse, che determinano diverse soluzioni progettuali e quindi diverse soluzioni estetico-formali dell'apparecchio finale.

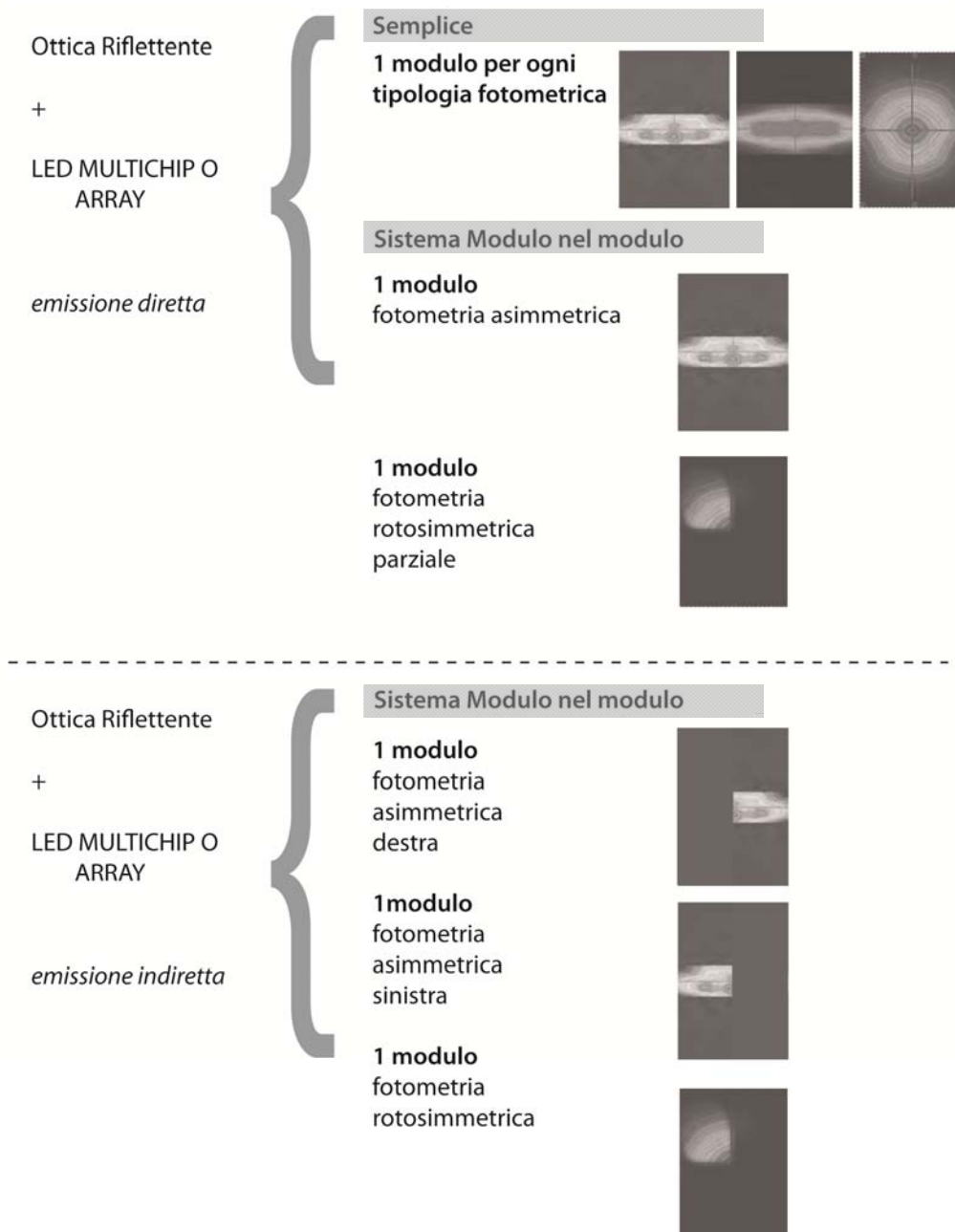
In particolare, sono state vagliate in via preliminare due opzioni progettuali molto distinte, l'una che prevede l'utilizzo di Led Monochip ad alta efficienza equipaggiati con ottiche rifrangenti free-form e l'altra che consiste nell'utilizzo di sistemi ottici a rifrazione con LED multichip.

#### Modulo





## Modulo



Queste due principali vie di progetto molto differenti tra di loro, aprono, a loro volta, percorsi progettuali molto distinti che sono stati declinati e indagati in via preliminare al fine di prefigurare, in questa fase, da un lato sia relativamente agli sviluppi progettuali di due soluzioni così diverse e ai vantaggi delle singole proposte, sia in relativamente ai tempi disponibili per la definizione, simulazione e realizzazione del progetto.



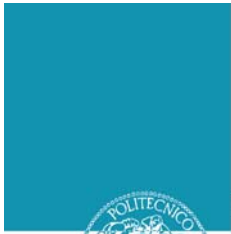
Nonostante quindi entrambe le soluzioni permettessero di sviluppare due progetti sicuramente molto interessanti dal punto di vista degli sviluppi prestazionali della luce ed estetico formali, la selezione del metodo di progetto più appropriato, in questo caso, è stata fatta sia in base alle tempistiche molto limitate di sviluppo della soluzione illuminotecnica e creativa, sia in base alla reale fattibilità del prototipo, ipotizzando che possa diventare un progetto di prodotto reale in tempi molto brevi.

Si è dunque scelta la soluzione modulare realizzata con ottiche riflettenti free-form nel formato sistema puzzle, ovvero moduli che si combinano per ottenere la performance luminosa richiesta: questo al fine di declinare il concetto di modularità e di sistema di un apparecchio di illuminazione per esterni, elemento di innovazione tipologica rispetto ai tradizionali apparecchi, basato su tecnologie potenzialmente alla portata di tutti e facilmente applicabili.

Nello schema che segue sono state riassunte le soluzioni modulari previste:

#### Apparecchio

<b>1A</b>	Apparecchio <b>ASIMMETRICO</b> illuminazione <b>AREE PEDONALI</b> Classe <b>CE5/S3</b>	GIUSTA COMBINAZIONE DI 2 MODULI
<b>1B</b>	Apparecchio <b>ROTSIMMETRICO</b> illuminazione <b>AREE PEDONALI</b> Classe <b>CE5/S3</b>	RISPETTO A 1A I MODULI SONO ACCOPIATI IN MANIERA DIFFERENTE
<b>***</b>	Apparecchio <b>VARIE ASIMMETRIE</b> illuminazione <b>AREE PEDONALI</b> Classe <b>CE5/S3</b>	RISPETTO A 1A I MODULI SONO ACCOPIATI IN MANIERA DIFFERENTE
<b>2A</b>	Apparecchio <b>ASIMMETRICO</b> illuminazione <b>STRADE ZONALI</b> <b>E INTERZONALI</b> Classe <b>CE4</b>	GIUSTA COMBINAZIONE DI 4 MODULI SU BASE 1A
<b>2B</b>	Apparecchio <b>ROTSIMMETRICO</b> illuminazione <b>STRADE ZONALI</b> <b>E INTERZONALI</b> Classe <b>CE4</b>	GIUSTA COMBINAZIONE DI 4 MODULI SU BASE 1B



POLITECNICO DI MILANO  
INDACO  
DIPARTIMENTO DI  
INDUSTRIAL DESIGN  
DELLE ARTI  
DELLA COMUNICAZIONE  
E DELLA MODA

## 4 REQUISITI OTTICI

### 4.1 Sorgenti LED + OTTICA

L'utilizzo di sorgenti LED negli esterni è molto interessante per la possibilità di realizzare un'illuminazione a luce bianca. La luce bianca, oltre ad essere più gradevole e a rendere più gradevole la visione del contesto urbano, consente di abbassare di una categoria le strade secondo la norma UNI 11248 e UNI 1301 e quindi, come conseguenza diminuire la quantità di luce che viene emessa sulle strade con efficienza energetica, risparmio sulle spese pubbliche e minore inquinamento luminoso verso i cieli stellati.

Ovviamente quando si parla di luce bianca si deve considerare la temperatura di colore di tale luce: in un esterno di "valore" come nel caso di un centro cittadino storico è necessaria una temperatura di colore accettabile che favorisca una buona esperienza percettiva dello spazio senza però inficiare l'efficienza dell'apparecchio di illuminazione.

**La temperatura di colore sarà dunque una temperatura neutra compresa tra i 4000 e 5000 K che può essere considerato un buon compromesso tra efficienza energetica e percezione della luce.** Relativamente alla Resa Cromatica, la norma prevede valori compresi tra 20 e 65: considerando il contesto di pregio e, ovviamente l'utilizzo dei LED, la resa cromatica sarà sicuramente maggiore dei valori suddetti, in modo tale da rivalutare l'ambiente illuminato.

Il contesto applicativo scelto, ovvero stradale pedonale di un centro urbano, determina l'uso di sorgenti LED a luce bianca altamente efficienti, ovvero comparabili alle efficienze di apparecchi con sorgenti tradizionali. Per questo motivo sarà necessario selezionare i LED in base alle informazioni di flusso luminoso ed efficienza energetica espresse dai datasheet dei produttori di LED e dalle verifiche in laboratorio in condizioni di lavoro diverse da quelle riportate nei suddetti datasheet.

Le misure di verifica effettuate in laboratorio sono state condotte su tre tipologie di LED con integrata lente stradale:

**\_POWERLED MONOCHIP EDISON OPTO + 3 TIPOLOGIE DI LENTI INTEGRATE**

**\_POWERLED MONOCHIP CREE XP-G + SERIE LENTI LEDIL STRADA**

**\_POWERLED MONOCHIP OSRAM OSLOM + SERIE LENTI LEDIL STRADA**

Nei test effettuati in laboratorio si sono valutati i valori effettivi di flusso e di efficienza di tali LED alimentandoli con una tensione di circa 350 mA – 700 mA - 1050 mA con condizioni di dissipazione molto vantaggiose per tutto il tempo di misura con goniometro.

Inoltre, le misure sono state effettuate sia in configurazioni ottiche diverse per poter valutare sia l'effettiva efficienza delle lenti rispetto ai LED sia l'effettiva curva fotometrica presentata dalle lenti (e la rispondenza di tale curva a quella espressa nei datasheet). Nel caso dei LED CREE e OSRAM sono stati dunque misurati e le sorgenti con e senza lenti per osservare quale fosse la percentuale di assorbimento delle lenti (circa 6-10%) a prescindere dal flusso emesso dai singoli LED dei singoli produttori, in modo da valutare se ci fossero delle variazioni rispetto a produttori di LED diversi con la stessa Ottica.

Inoltre, ulteriori test sono stati effettuati inserendo una lastra in Policarbonato trasparente in modo da simulare la presenza di uno schermo di chiusura piatto. Tale inserimento, come vedremo successivamente, determina un assorbimento di circa il 10/15% che conseguentemente diminuisce in maniera molto elevata l'efficienza energetica del sistema ottico. Infine sono state fatte ulteriori simulazioni più accurate, sia tramite goniometro che per mezzo della simulazione virtuale con programmi di Raytracing, per determinare geometrie di coppe non piane e per determinare la dimensione e la geometria di sistemi schermanti al di sopra dei 90° di emissione.

#### **4.2 Ottiche Free Form**

Le ottiche Free-form permettono di progettare apparecchi di illuminazione in cui le curve fotometriche abbiano ampiezze molto diversificate e specializzate e consentono di migliorare il rendimento del gruppo ottico e l'Utilanza U dell'apparecchio perché il flusso viene indirizzato in maniera più mirata rispetto ai sistemi tradizionali. Non si tratta dunque solo di considerare il rendimento dell'apparecchio in termini di quanta luce viene emessa dall'apparecchio ma di quanta luce effettivamente vada ad illuminare la strada presa in considerazione.

La selezione delle ottiche a rifrazione free-form deriva da queste caratteristiche di intercambiabilità, performance ottica (solidi fotometrici asimmetrici), affidabilità (lenti già collaudate e funzionanti) e facile reperibilità sul mercato (lenti già disponibili). Progettare un'ottica free-form di disegno proprio, seppure molto interessante dal punto di vista progettuale, avrebbe necessitato di un'analisi di fattibilità molto approfondita e di uno sviluppo industriale dedicato molto lungo e complesso.



Ottiche Free-form che rispondano a queste caratteristiche, da noi valutate sono: ottiche Edison Opto e le ottiche della LEDIL.

#### 4.3 Sistema modulare

La definizione di un progetto modulare rende possibile la frazionabilità del flusso e la generazione di taglie differenti di apparecchi dunque adatti a diversi specifici contesti variando il quantitativo dei LED oppure modulandone il flusso e modificando le lenti inserite. In generale ogni modulo sarà composto da circa 12 LED + lente con un'emissione di circa 1200 lm.

##### 4.3.1 Lenti LEDIL serie "Strada"

Il modulo sarà caratterizzato da 12 LED (presumibilmente Cree XP-G, Cree XP-E o Osram OSOLON) saldati su un MCPCB (o supporto differente qualora si disponga di tecnologie adeguate). Si ipotizza una corrente di pilotaggio di 350 mA (eventualmente modificabile in funzione dell'emissione richiesta).

Strada T-DW



Figura 6 Lenti free form LEDIL della serie Strada T-DW

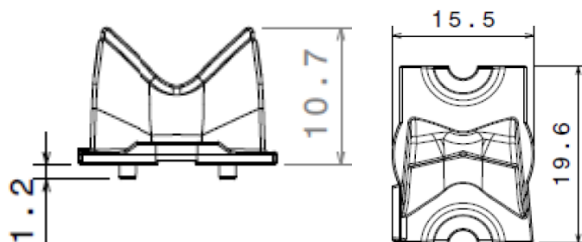


Figura 7 Dimensionamento delle lenti in PMMA Plexiglass (19,6 x 15,5 x 10,7 mm)





### Tipologia di emissione luminosa

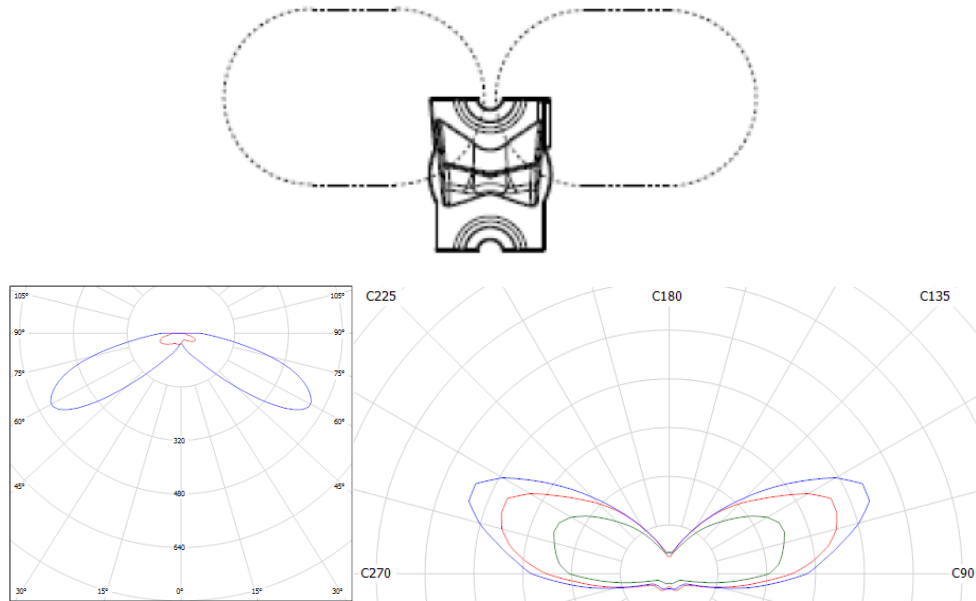


Figura 8 Tipologia di emissione luminosa illustrate attraverso la curva fotometrica del sistema LED + lente

### Strada T-DN



Figura 9 Lenti free form LEDIL della serie Strada T-DN

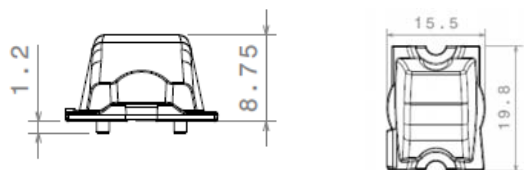


Figura 10 Dimensioni delle lenti in Pmma Plexiglass (19.8 x 15.5. x 8.75 mm)

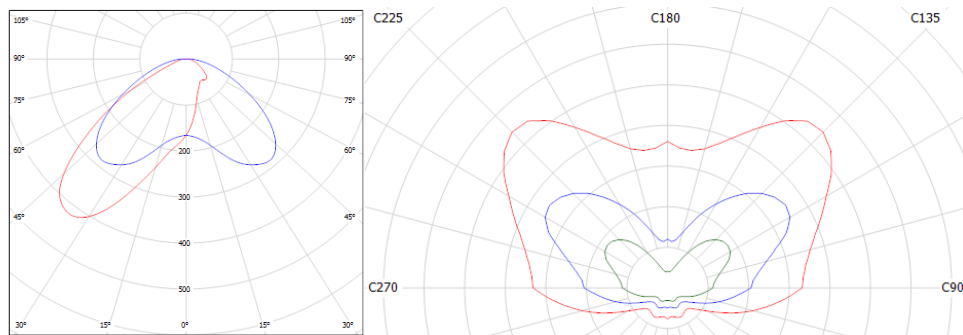
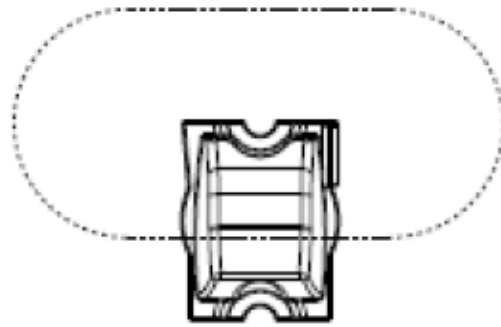


Figura 11 Tipologia di emissione luminosa della Lente T-DN illustrata tramite le curve fotometriche e le isolux

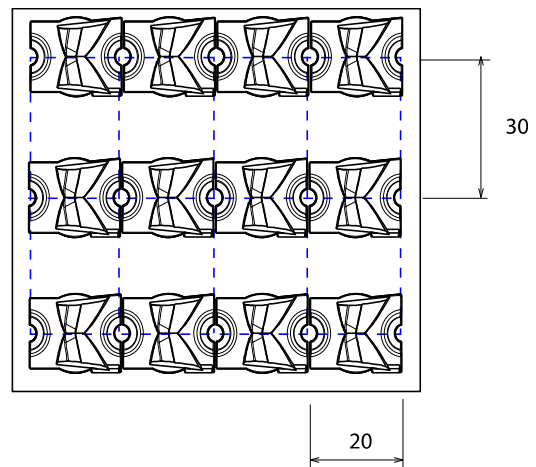


#### 4.3.2 Ipotesi Layout modulo con Lenti LEDIL serie "Strada"

Partendo dalla considerazione che tutte le lenti possono essere combinate per ottenere il solido fotometrico desiderato, di seguito si riportano le differenti configurazioni geometriche possibili.

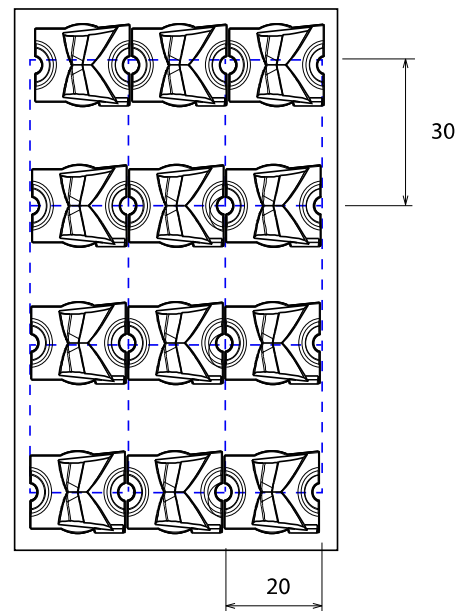
##### CONFIGURAZIONE 1

Modulo da 85 x 90 mm



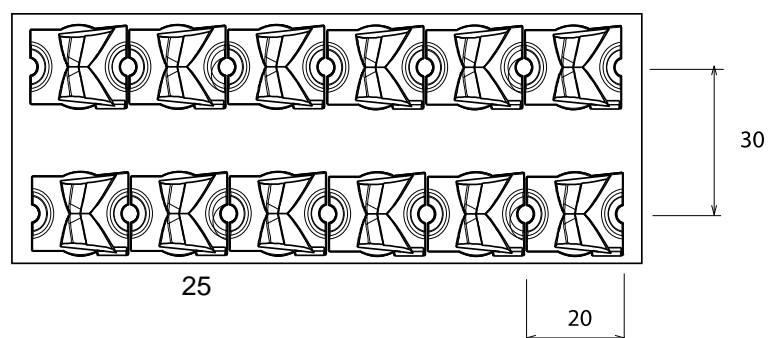
##### CONFIGURAZIONE 2

Modulo da 115 x 70 mm



##### CONFIGURAZIONE 3

Modulo da 55 x 130 mm





### 4.3.3 Ipotesi Layout modulo EDISON

Il sistema LED + lente Free-Form di Edison Opto è potenzialmente configurabile tramite la scelta di tre moduli disponibili:

#### EMPW-C60KORG-121x

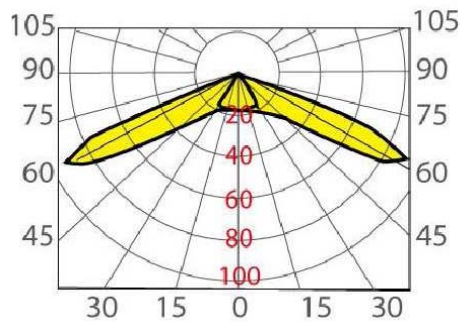
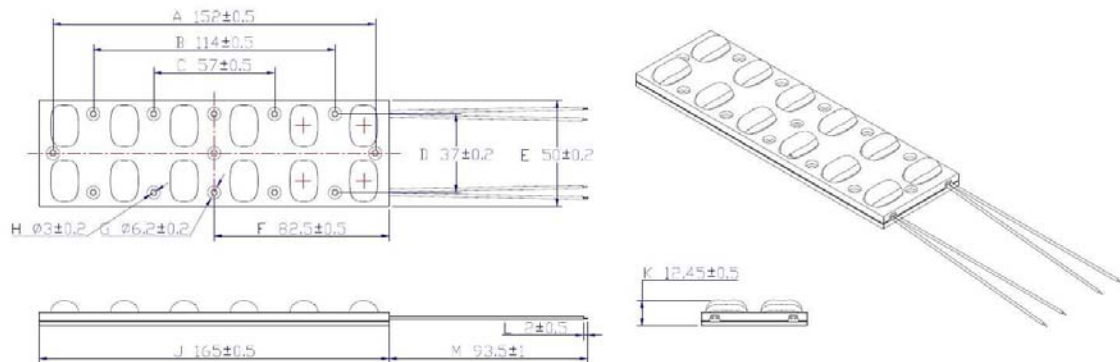
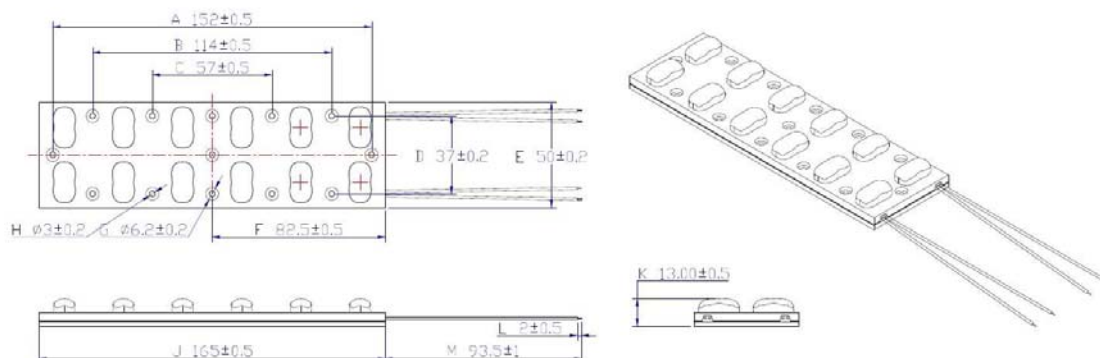


Figura 12 Modulo e tipologia di fotometria LENTI freeform EDISON OPTO KORG

#### EMPW-C60LORG-121x



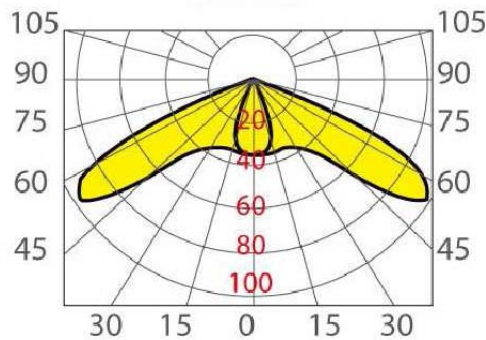


Figura 13 Modulo e tipologia di fotometria LENTI freeform EDISON OPTO LORG

EMPW-C60MORG-121x

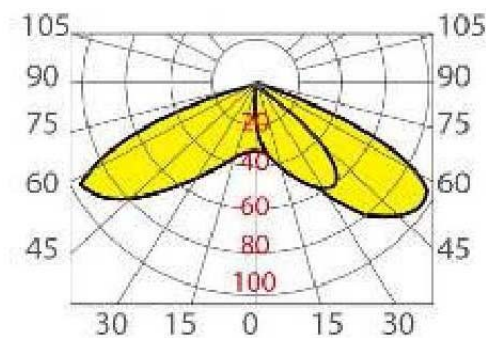
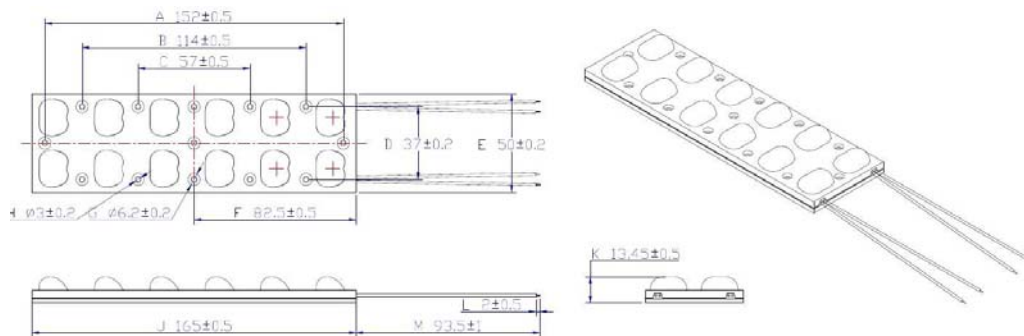


Figura 14 Modulo e tipologia di fotometria LENTI freeform EDISON OPTO MORG

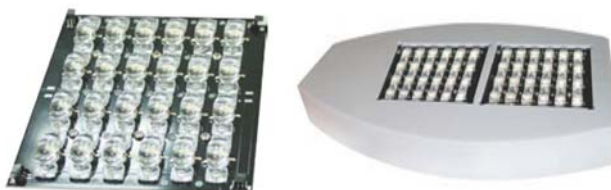
Tali moduli sono caratterizzati da board di 3 LED con circuito stampato integrato e sistema di LENTI integrate su un'unica piattaforma in materiale plastico con all'interno una guarnizione siliconica di protezione che garantisce l'IP67 al modulo. Questa caratteristica risulta molto importante ai fini progettuali perché permetterebbe, in linea teorica, di evitare l'utilizzo di uno schermo di protezione e limiterebbe l'assorbimento dei raggi luminosi al solo primo strato di materiale plastico delle lenti per una conseguente superiore efficienza. Da valutare con estrema cautela la resistenza di queste lenti agli agenti atmosferici e alle radiazioni UV.



## 5 RICERCA DELLO STATO DELL'ARTE: APPARECCHI MODULARI A LED

Di seguito si riportano una serie di esempi di moduli a LED e apparecchi per illuminazione di esterni che utilizzano il concetto del modulo di LED.

### 5.1 Edison Opto: EDIS street lighting module



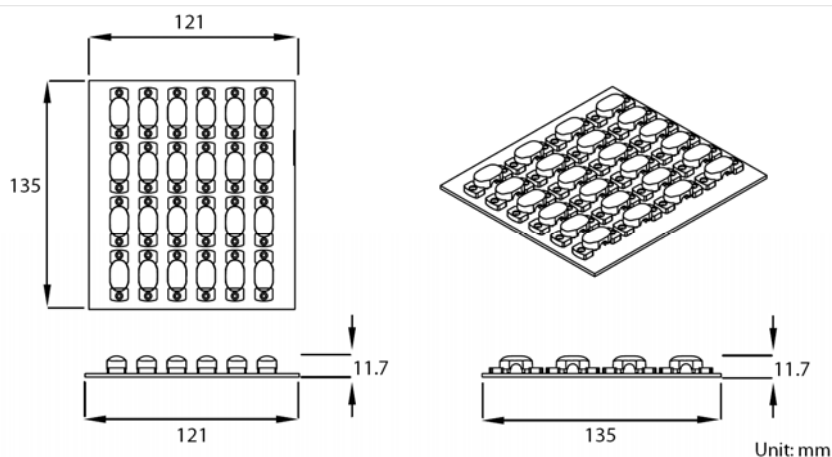
Link

[http://www.edison-opto.com.tw/01\\_led\\_products\\_detail.asp?sn=79](http://www.edison-opto.com.tw/01_led_products_detail.asp?sn=79)

Modelli

Part Number	Color	CCT(K)(Typ.)	Flux (lm)(Typ.)	Power (W)	Test Current (mA)	Field Angle
EMPW-A51J09G-24xx	○	5000~10000K	2000lm	27	1400	130°x50°
EMPH-A51J09G-24xx	●	3800~5000K	1400lm	27	1400	130°x50°
EMPX-A51J09G-24xx	●	2670~3800K	1200lm	27	1400	130°x50°

Dimensioni e valori di flusso



#### Absolute Maximum Ratings

Dimension	135(L) x 121(W) x 11.7(H) mm
Light Source	Edixeon® x 24 pcs
Total Flux(Typ.)	Cool White (6500K) : 1,800 lm
	Warm White (4000K) : 1,680 lm
	Neutral White (3000K) : 1,320 lm
Total Power	27W

Table 1: Street Lighting Module Absolute Maximum Ratings

#### Assembly Instructions

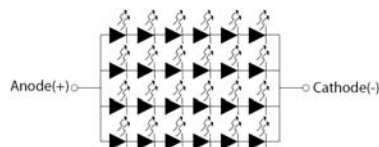
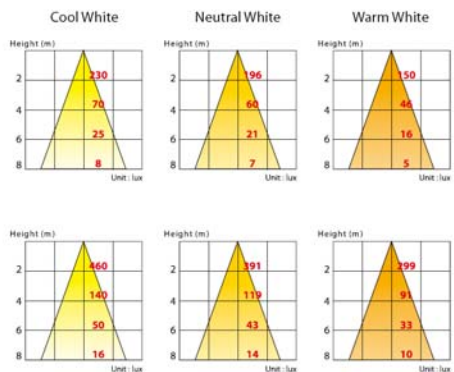
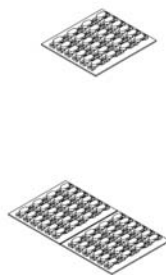
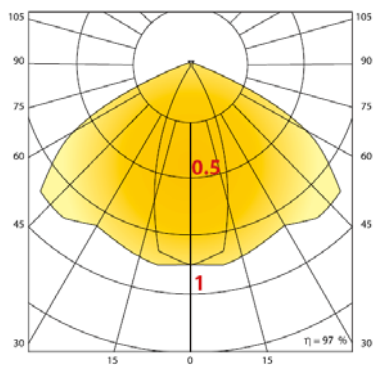


Figure 2: Street Lighting Module Assembly Instruction



Valori di illuminamento



Impianto

Application Notes

Part No.	EMPW-A51J09G-24KZ
Road Length	143.5 m
No. of pole	14
Installation height (1)	8.0 m
Extended length (2)	1.5 m
Tilted Angle (3)	15°
Arm Length (4)	2.0 m

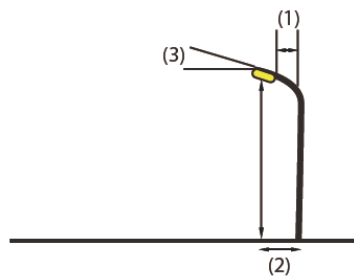
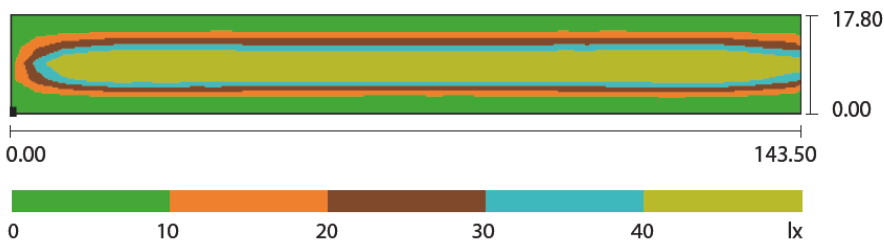


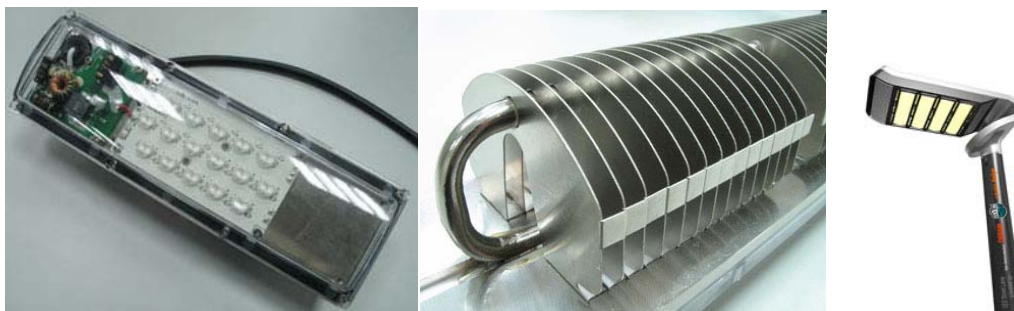
Table 2: Street Lighting Module Application







### 5.2 Osram Semiconductor: SML LED street light module



Link

<http://www.ledlightforyou.com/Partners/Highlights/en-LED-Street-Light-Module.php>

Progetto modulare, soddisfa diverse necessità ed eterogee possibili applicazioni in vari contesti di illuminazione. Il design di Street Light LED Module (SLM) e si basa sull'utilizzo di LED inseriti all'interno di moduli che possano essere integrati per avere diverse soluzioni luminose. Ogni modulo è caratterizzato da una protezione IP65, resistente cioè all'acqua e alla polvere. Utilizzando ottiche ellittiche, si adatta alle diverse necessità di illuminazione stradale, grazie alla possibilità di modificare il numero di SLM.

Campi di applicazione:

Street lighting, Sistema di illuminazione solare, illuminazione architettonica, commerciale e residenziale indoor e outdoor. Utilizza i LED OSRAM Golden Dragon OVAL.

### 5.3 Khatod: Galileo



Link

[http://www.khatod.com/cms/garden\\_led\\_lighting\\_\\_gl\\_-1188933-1188933.html](http://www.khatod.com/cms/garden_led_lighting__gl_-1188933-1188933.html)

I moduli, utilizzati per le classi CE per l'illuminazione stradale pubblica di giardini, centri storici, isole ambientali, aree pedonali, altre situazioni (utenti principali: pedoni) sono organizzati secondo un numero di LED modulare, una dimensione standardizzata del modulo di base che varia a seconda del numero di LED e l'inserimento di una serie di ottiche di diversa apertura (presumibilmente medium beam, wide beam ed elliptical beam) disposti in gruppi per ottenere un fascio con aperture, su C0-C180, che varia dai 60° agli 80° e su C90-C270 con un inclinazione di 20° circa.

Nella tabella che segue sono stati riassunti alcuni dati riferiti ai moduli per l'illuminazione rispettivamente GARDEN e STREET in cui si evidenzia il numero dei LED necessari per il raggiungimento di alcuni parametri illuminotecnici e le caratteristiche di installazione per ottenere valori che siano rispondenti ad alcune categorie di riferimento.

Le fotometrie di questi apparecchi sono asimmetriche e hanno lo scopo di distribuire le radiazioni luminose lungo la trasversale (cercando di diminuire il numero dei pali) spingendo la luce il più possibile in avanti sulla strada con eventuale retroflusso sul marciapiede.

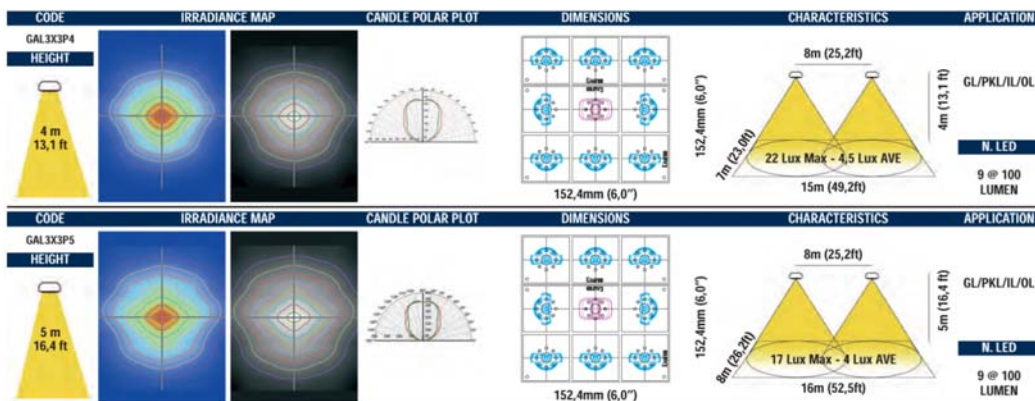




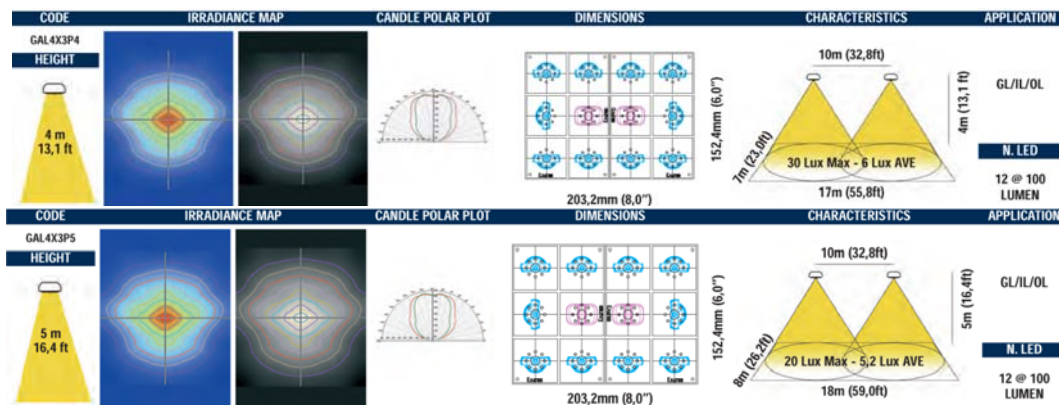
Dimensioni modulo	LED	Altezza installazione	Emax – Eave	Categoria	Interdistanza pali	Dimensioni strada
400x240mm	60@100 lm	6 m	62 lux – 27 lux	CE0	22m (3.7)	38 x 6 m
400x240mm	60@100 lm	8 m	35 lux – 15 lux	CE1	28m (3.5)	52 x 7 m
240x240mm	36@100 lm	6 m	35 lux – 15 lux	CE1	22m (3.6)	38 x 6 m
160x240mm	24@100 lm	4 m	47 lux – 21 lux	CE1	12m (3)	24 x 6 m
160x240mm	24@100 lm	6 m	20 lux	CE2	20m (3.3)	40 x 6 m
320x240mm	48@100 lm	8 m	28 lux – 12 lux	CE2	26m (3.25)	50 x 7 m

In particolare di seguito si riportano alcuni casi interessanti per una potenziale comparazione in fase progettuale della quantità di LED utilizzati per quali scopi illuminotecnici e secondo quali curve fotometriche:

**CURVA SIMMETRICA (4000/5000 mm di altezza + 9 LED)**



**CURVA SIMMETRICA (4000/5000 mm di altezza + 12 LED)**





**CURVA ASIMMETRICA (4000/6000 mm di altezza + 24 LED)**

CODE	IRRADIANCE MAP	CANDLE POLAR PLOT	DIMENSIONS	CHARACTERISTICS	APPLICATION
<b>GAL24DSP4</b> HEIGHT 4 m 13,1 ft			 304,8mm ( 12,0'')	 12m (39,4ft) 47 Lux Max - 24 Lux AVE 24m (78,8ft)	SL/PKL/PL/OL N. LED 24 @ 100 LUMEN
<b>GAL24DSP6</b> HEIGHT 6 m 19,7 ft			 304,8mm ( 12,0'')	 20m (65,6ft) 20 Lux Max - 10 Lux AVE 40m (131,2ft)	SL/PKL/PL/OL N. LED 24 @ 100 LUMEN

**CURVA ASIMMETRICA (6000 mm di altezza + 36 LED)**

CODE	IRRADIANCE MAP	CANDLE POLAR PLOT	DIMENSIONS	CHARACTERISTICS	APPLICATION
<b>GAL2412LP6</b> HEIGHT 6 m 19,7 ft			 240,0mm (9,45'')	 22m (72,2ft) 37 Lux Max - 15 Lux AVE 38m (124,7ft)	SL/PL/GL/PL/OL N. LED 36 @ 100 LUMEN

**CURVA ASIMMETRICA (6000 mm di altezza + 48 LED)**

CODE	IRRADIANCE MAP	CANDLE POLAR PLOT	DIMENSIONS	CHARACTERISTICS	APPLICATION
<b>GAL224DSP6</b> HEIGHT 6 m 19,7 ft			 406,4mm (16,0'')	 22m (72,2ft) 50 Lux Max - 20 Lux AVE 40m (131,2ft)	SL/TL/PL/OL N. LED 48 @ 100 LUMEN

**CURVA ASIMMETRICA (6000 mm di altezza + 60 LED)**

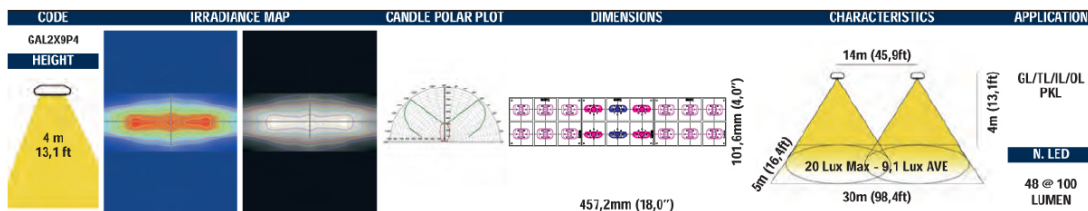
CODE	IRRADIANCE MAP	CANDLE POLAR PLOT	DIMENSIONS	CHARACTERISTICS	APPLICATION
<b>GAL22412DSP6</b> HEIGHT 6 m 19,7 ft			 400,0mm (15,75'')	 22m (72,2ft) 62 Lux Max - 27 Lux AVE 38m (124,7ft)	SL/TL/PKL/OL N. LED 24 @ 100 LUMEN

**CURVA ASIMMETRICA (4000 mm di altezza + 12 LED)**

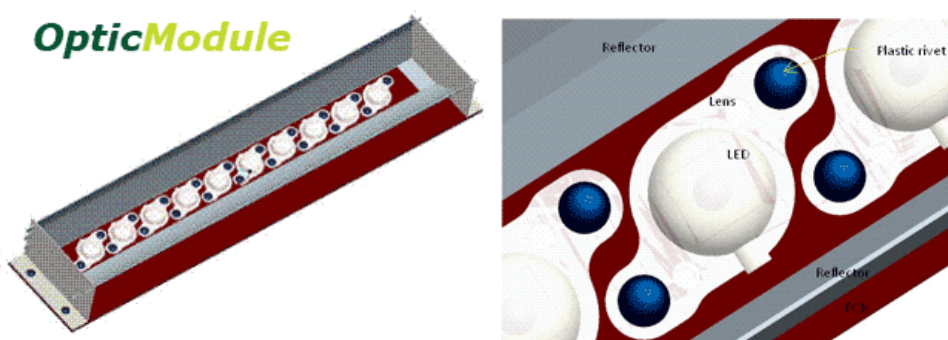
CODE	IRRADIANCE MAP	CANDLE POLAR PLOT	DIMENSIONS	CHARACTERISTICS	APPLICATION
<b>GAL2X6P4</b> HEIGHT 4 m 13,1 ft			 304,8mm ( 12,0'')	 14m (45,9ft) 13 Lux Max - 5,8 Lux AVE 30m (98,4ft)	GL/TL/IL/OL PL N. LED 24 @ 100 LUMEN



### CURVA ASIMMETRICA (4000 mm di altezza + 18 LED)



### 5.4 Carclo: Hybrid Street Lighting



Link

<http://www.carclo-optics.com/news.html>

Carclo Technical Plastics ha sviluppato un nuovo sistema ottico che risponde alla categoria di illuminazione europea ME3a. Si tratta di un sistema flessibile e modulare che usa una combinazione di ottiche e riflettori per creare apparecchi modulari le cui performance luminose variano in base all'applicazione. La soluzione è basata su ottiche altamente performanti in grado di controllare la luce sia lungo la longitudinale che la trasversale alla strada.

Le principali caratteristiche del modulo sono:

Dimensioni: 290 x 80 x 40 mm

Costituito da 10 LED ma facilmente espandibile

Efficienza del modulo del 70%

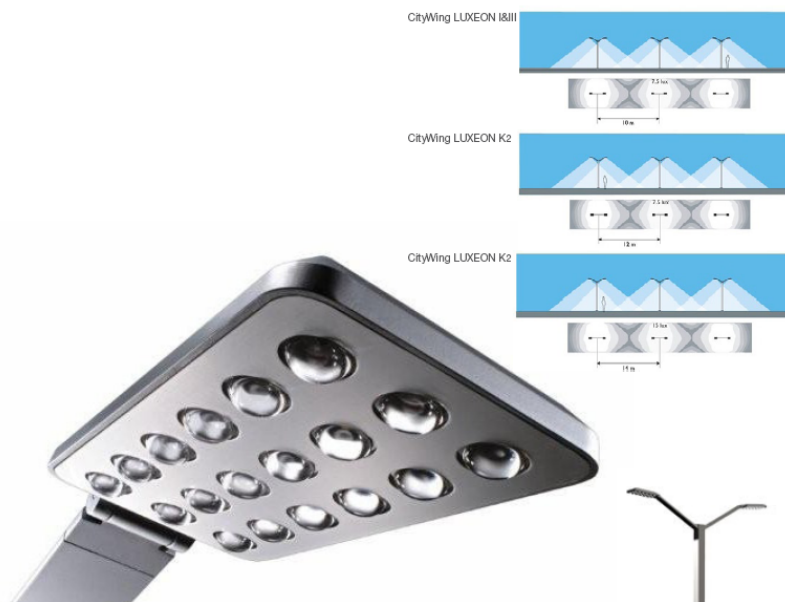
Luminanza media  $L > 1.0$  cd/m<sup>2</sup>

Uniformità generale  $U_0$ : 0.6

Uniformità longitudinal  $U_L$ : 0.6



### 5.5 Philips: CityWing



#### Link

[http://download.p4c.philips.com/l4b/9/910502255318\\_eu/910502255318\\_eu\\_pss\\_ita.pdf](http://download.p4c.philips.com/l4b/9/910502255318_eu/910502255318_eu_pss_ita.pdf)  
[http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/323126/323126\\_ffs\\_ita.pdf](http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/323126/323126_ffs_ita.pdf)  
[http://download.p4c.philips.com/l4b/9/910502255318\\_eu/910502255318\\_eu\\_ini\\_aen.pdf](http://download.p4c.philips.com/l4b/9/910502255318_eu/910502255318_eu_ini_aen.pdf)

Soluzione illuminotecnica completa che si caratterizza per l'eleganza e un design minimalista. Questo apparecchio dal design architettonico dedicato all'illuminazione di aree pedonali monta 18 LED LUXEON® K2 LED ad alta potenza, per assicurare un illuminamento ottimizzato all'applicazione.

La combinazione di LED bianchi e/o ambra produce una luce bianca calda e bianca fredda (temperature colore da 2700 K fino a 4750 K). Le unità ottiche (altezza 4 m) e l'inclinazione di 5° consentono di mantenere interdistanze di 10 -12 m tra i pali, per un livello luminoso medio pari a 15 lux con un buon grado di uniformità. Nella versione a sola luce bianca (4750 K), il livello luminoso sale a 30 lux.

I pali sono posizionati con interdistanze molto ravvicinate e quindi non con un rapporto di 3.7 volte rispetto all'altezza dei pali.

### 5.6 Philips: Roadstar



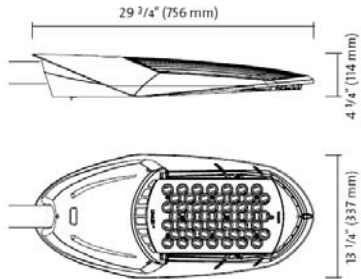
#### Link

[http://www.lumec.com/pdf/series/RoadStar\\_series.pdf](http://www.lumec.com/pdf/series/RoadStar_series.pdf)



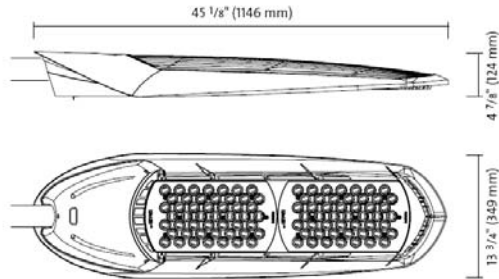


**POLITECNICO DI MILANO**  
**INDACO**  
 DIPARTIMENTO DI  
 INDUSTRIAL DESIGN  
 DELLE ARTI  
 DELLA COMUNICAZIONE  
 E DELLA MODA



**GPLS**

EPA: 0.76 sq. ft.  
 Weight: 20 lbs (9.1 kg)

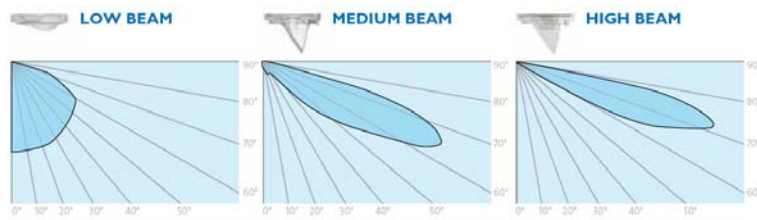


**GPLM**

EPA: 1.10 sq. ft.  
 Weight: 31 lbs (14.1 kg)

Questo prodotto consente di posizionare i pali di illuminazione a distanze molto superiori rispetto a quelle determinate dalla norma (dal datasheet si dichiara un rapporto di circa 8 volte l'altezza).

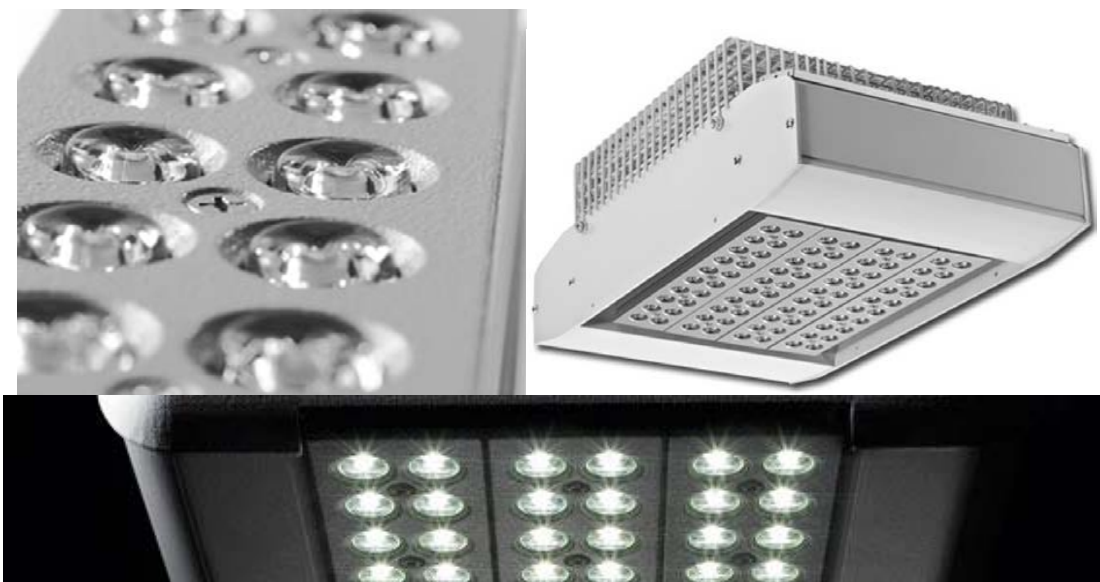
Lamp	Luminaires availability	Rated life hrs.	Color temperature	Lamp wattage	System wattage
40W30LED4K	GPLS	70,000	4000K	40W	45W
40W49LED4K	GPLS	70,000	4000K	42W	47W
60W30LED4K	GPLS	70,000	4000K	60W	68W
65W49LED4K	GPLS	70,000	4000K	65W	73W
90W49LED4K	GPLS	70,000	4000K	90W	102W
105W79LED4K	GPLM	70,000	4000K	105W	119W
130W98LED4K	GPLM	70,000	4000K	130W	147W
150W79LED4K	GPLM	70,000	4000K	150W	170W
180W98LED4K	GPLM	70,000	4000K	180W	204W



High beam, medium beam, and low beam light management gives the Roadstar better light control and better lumen targeting.



### 5.7 Ruud Lighting: LightBar



#### Link

<http://www.betalcd.com/us-en/home.aspx>

Il modulo base dell'apparecchio caso studio Ruud Lighting è costituito da 20 LED che montano un'ottica studiata appositamente per generare una curva fotometrica particolare. Sono innestati in una barra e formano il singolo elemento ottico.

In questo progetto, la fotometria dell'apparecchio luminoso è data dalla progettazione, ad hoc, di un sistema di lenti che riescano a controllare il fascio luminoso del singolo LED e, quindi, dell'intero sistema.

La tecnologia NanoOptic™ di Ruud Lighting assicura un controllo superiore della luce ed utilizza un'ottica con rifrattore a contatto diretto chiamato NanoOptic, che è stato progettato specificatamente ed esclusivamente per questo apparecchio e per le performance luminose richieste.

### 5.8 Lago: Kaido Line



#### Link

<http://www.lago.fr/>

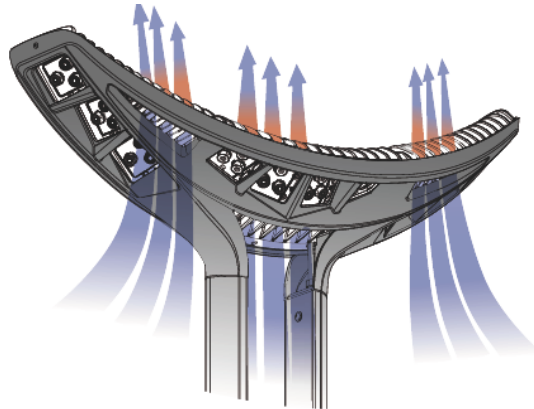
Il concept costruttivo di questa linea di apparecchi a LED parte dal presupposto di piccoli moduli da 4 LED inseriti su un supporto la cui inclinazione determina il punto da illuminare sulla strada e quindi è il complesso della geometria dell'apparecchio e del posizionamento del modulo a determinare la performance luminosa dell'oggetto. Ovviamente si tratta di un apparecchio pensato per l'Europa e non per l'Italia, ovvero non è in grado di rispondere alla



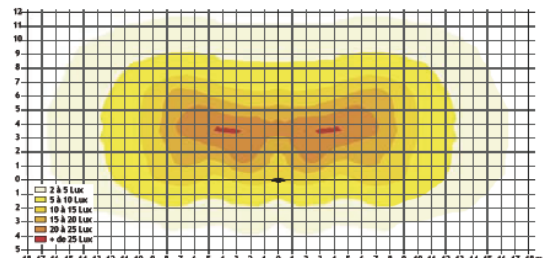
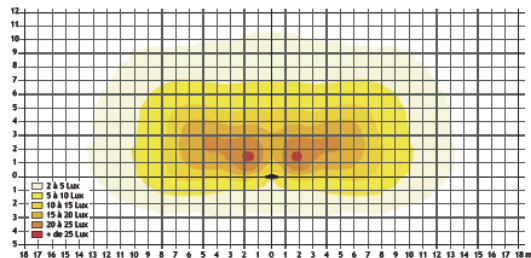
norma anti Inquinamento luminoso vigente in Italia per l'emissione di flusso al di sopra dell'orizzontale al piano dell'apparecchio.



Rimane un esempio comunque molto interessante sia a livello di concezione dell'intero apparecchio che sfrutta le inclinazioni dei moduli per una strutturazione estetico formale molto particolare. Allo stesso modo è da sottolineare il sistema di dissipazione passiva che viene determinato sia dal passaggio dell'aria attraverso aperture lasciate appositamente nell'apparecchio ma anche tramite un materiale plastico caricato in grafite che costituisce il supporto di dissipazione termica dell'apparecchio.



### Performance luminose





## 6 REQUISITI DI DESIGN

### 6.1 *Urban beautification*

Si tratta di ripensare lo spazio pubblico in termini qualitativi in maniera totale con il fine ultimo di riportare lo spazio della città all'uomo affinché, seppur in un contesto pubblico e collettivo, si percepisca non solo funzionalità e sicurezza ma anche qualità, comfort, estetica. La città, e soprattutto il contesto storico, diventa uno spazio in cui ci si possa sentire a casa, uno scenario intimo e confortevole, in cui sia facile e chiaro reperire informazioni, orientarsi e bello da vedere.

La cosiddetta "urban beautification" passa attraverso la ridefinizione dei parametri di comfort e qualità della vita nel territorio della città e non prende in considerazione soltanto requisiti illuminotecnici puri ma considera una serie di fattori legati alla vivibilità e alla percezione qualitativa dello spazio.

La qualità della luce è una delle tematiche fondamentali nel progetto. Altre tematiche emergenti riguarderanno la sostenibilità, la salvaguardia dell'ambiente, l'informazione e i servizi forniti all'utente, la bellezza percepita dello spazio in cui desidero stare. In sostanza dovranno essere considerati una serie di aspetti ulteriori rispetto all'illuminotecnica classica al fine di rispondere alle esigenze, sempre più complesse, della contemporaneità.

#### *Contestualizzazione*

Necessario considerare il contesto in cui il progetto si colloca, ovvero un centro storico di un piccolo comune italiano. Considerate tutte le premesse riguardanti l'importanza di innovare tutelando la tradizione e l'antico, sarà necessario, dunque, definire un progetto di luce sia dal punto di vista delle performance che delle caratteristiche formali dell'apparecchio) in grado di salvaguardare l'ambiente in cui si colloca e allo stesso (anche da un punto di vista formale) oppure di natura innovativa seppure nel rispetto del contesto urbano di riferimento.

#### *Modulo*

Moduli singoli che, tramite incastri, giunzioni, snap fit, connessioni magnetiche possano connettere i diversi moduli (puzzle tra i moduli) o, diversamente, connessione ad una struttura aggiuntiva a palo che possa contenere e sorreggere i singoli moduli inseriti.

#### *Dematerializzazione*

"Silenzio formale" leggerezza del segno, auto-determinazione, lettura del contest, sorgenti, tecnologie ed intelligenze di ultima generazione.  
Riduzione dei materiali e utilizzo del minimo spessore (per quanto possibile) attraverso la **trasparenza e la leggerezza strutturale.**

#### *Superficie planare*

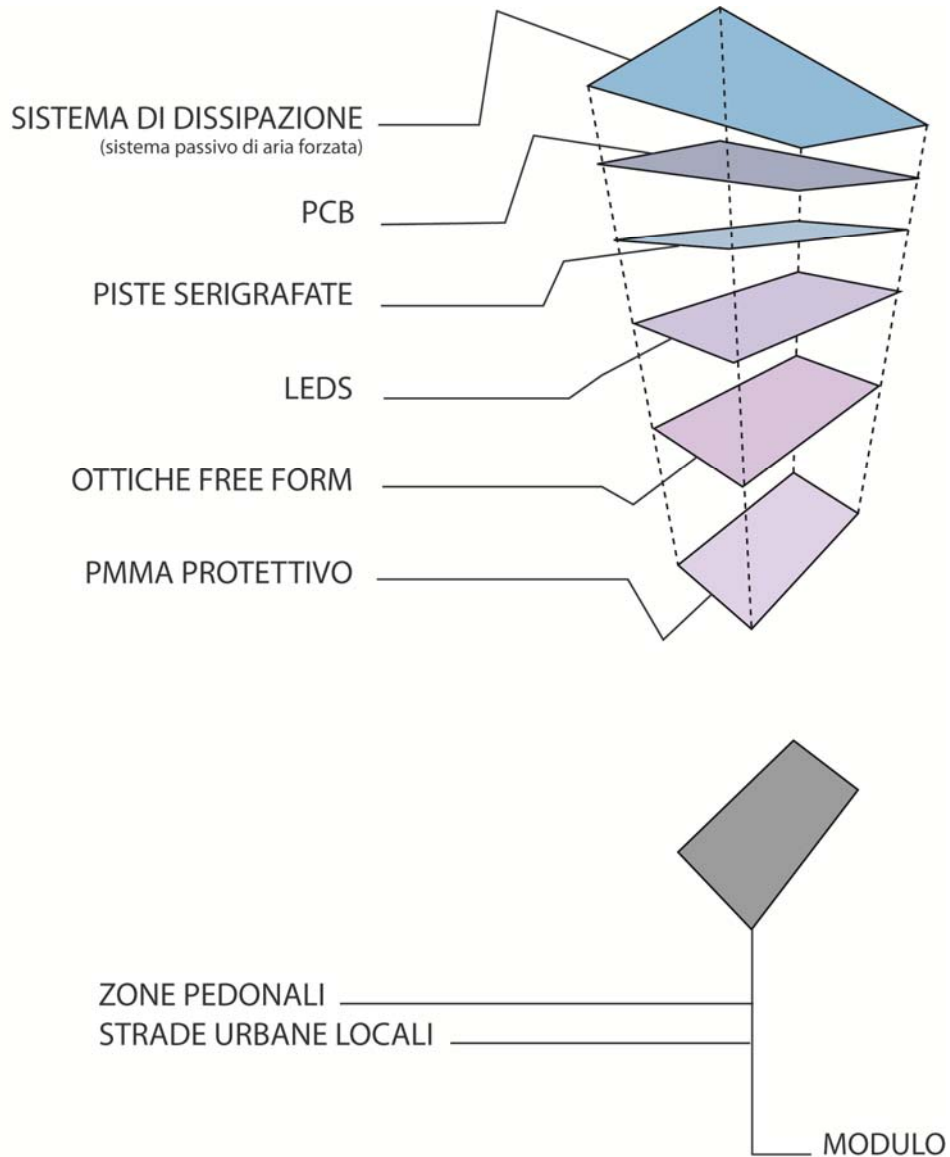
Ragionare in termini di totale riduzione del tilt attraverso ottiche che siano in grado di diffondere la luce dove richiesto senza dover inclinare l'apparecchio, il modulo o il LED stesso. Nel caso in cui ci sia necessità di un tilt si renderà quindi necessario anche l'utilizzo di un elemento di copertura frontale per schermare le radiazioni rivolte verso l'alto (in riferimento alla LEGGE Regionale n.17 sull'inquinamento luminoso). Tale elemento dovrà essere integrato nel design.

#### *Multilayer*





Stratificazione di elementi funzionali e che diano solidità al progetto anche a livello estetico



### *Flessibilità*

Capacità del sistema di assolvere a differenti funzioni luminose creando scenari di illuminazione configurabili per lo specifico contesto d'uso. Tale flessibilità deriva quindi sia dalla possibilità di inserire più moduli uguali o diversi a sistema sia di orientarli sul palo in maniera da indirizzare il flusso luminoso laddove serve. Il sistema, quindi, prevede l'inserimento di una serie di supporti modificabili e orientabili.

### *Parassitismo*

Capacità del sistema di illuminazione di integrarsi a pali esistenti sia a specifici pali disegnati ad hoc al fine di rendere possibile una diffusione ad ampio raggio del sistema sul territorio.



## 7 VALUTAZIONE E SELEZIONE DEI MODULI LED

La fase di valutazione e selezione del modulo LED + OTTICA da utilizzare nel progetto viene determinata definendo una serie di parametri progettuali a priori. In particolare, a parità di numero di LED considerati, il modulo deve soddisfare i seguenti requisiti:

\_soddisfare i valori limite delle categorie illuminotecniche per l'illuminazione stradale di riferimento;

\_ottenere un'efficienza energetica elevata e migliorabile tramite una serie di accorgimenti come l'aumento dell'interdistanza tra i pali, l'inserimento di uno schermo protettivo più performante, l'utilizzo di LED e di ottiche più efficienti;

\_ottenere un elevato fattore di utilizzazione U, ovvero, tenendo in considerazione al fotometria del modulo, considerare quello che maggiormente indirizza la luce nella porzione di strada considerata;

\_consentire la flessibilità del sistema in termini di possibilità di modifica dei LED e delle ottiche per ottenere performance luminose molto diverse sia a livello di efficienze che di fotometria.

### 7.1 Prove di misura e simulazione

La fase di valutazione quindi si è basata su una serie preliminare di misure tramite goniofotometro sulle due opzioni prese in considerazione e descritte precedentemente nel paragrafo 4.3 Sistema modulare (Modulo Edison Opto con Lente MORG e LED Cree XP-G con lenti LEDIL serie STRADA T-DW E T-DN).

#### 7.1.1 Edison + Lente Morg

Nello specifico, le prove di misura effettuate sui moduli Edison (selezione U3, temperatura di colore 5000-6300°K, lente MORG) sono state organizzate secondo una serie di passaggi successivi al fine di:

\_stabilire l'effettiva performance dei LED (efficienza) in condizioni di dissipazione termica passiva e durante un periodo lungo (non in un intervallo di 25 millisecondi);

\_stabilire l'effettiva fotometria del modulo LED + lente per compararla con i dati riportati nei datasheet e rispetto ai file di simulazione e calcolare l'effettivo assorbimento della lente.

Dalle prove su goniofotometro si rileva che il flusso durante il funzionamento a regime del modulo LED e mediante la dissipazione termica decade di un circa 10%. Il flusso totale emesso, quindi, dal modulo LED + lente MORG è circa pari a 1096 Lumen.

La prova di misura dei singoli senza lenti è stata utile alla determinazione del flusso dei singoli LED (informazioni non pervenuta dal costruttore) che si attesta intorno ai 94 lumen per ciascun LED di selezione U3 (flusso totale del modulo 1131.40 lumen). Inoltre tale misura indica che l'assorbimento delle lenti è relativamente basso e che quindi hanno un rendimento di circa il 97%, quindi molto elevato. Di seguito si riporta la curva polare rilevata da prova.

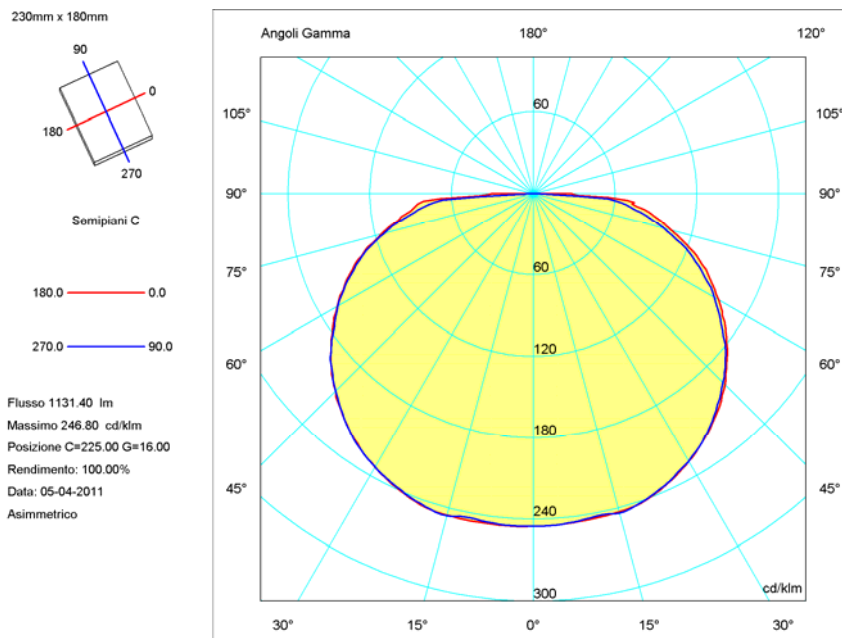


Figura 15 Curva fotometrica ottenuta da prova di rilievo in laboratorio tramite il goniofotometro del modulo LED Edison Opto senza lenti.

Sono state inoltre effettuate una serie simulazioni di ray-tracing a partire da modelli virtuali dei moduli LED e di alcuni elementi di base della geometria del modulo, ovvero mascheratura e schermo di protezione al fine di comprendere quali fossero le reali performance del modulo LED + Lente in condizioni di esercizio.

In particolare è stato aggiunto un elemento di mascheratura ad una certa distanza rispetto alle lenti calcolato affinché la fotometria non risultasse troppo modificata ma non ci fosse emissione del sistema LED + lente verso l'alto.

Di seguito si riporta il dimensionamento geometrico del modulo nella vista frontale tenendo in considerazione l'ampiezza del fascio di luce dei LED di circa 65°.

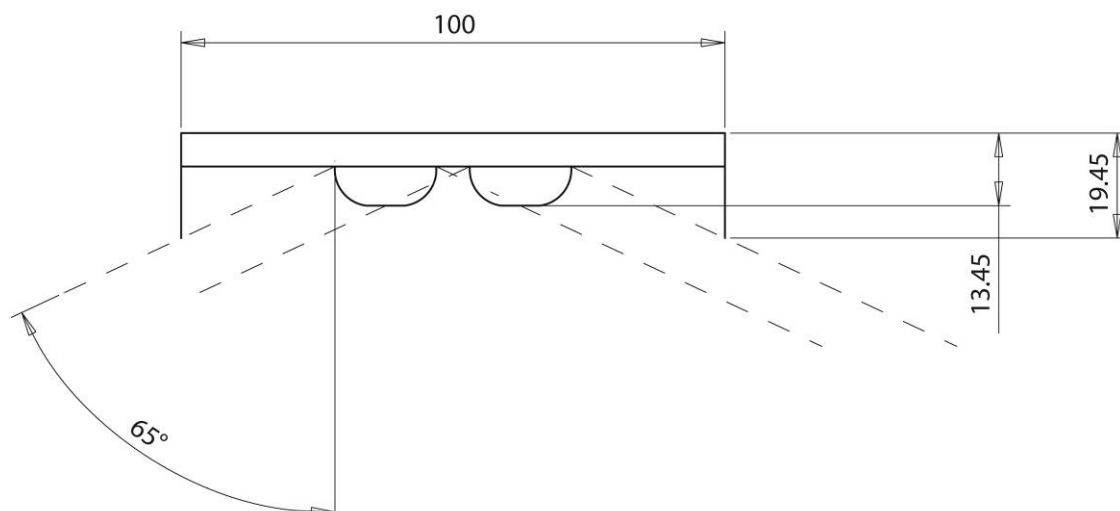


Figura 16 Dimensionamento geometrico del modulo tramite l'inserimento di elementi di mascheratura



La simulazione è stata utile a validare tale distanza determinata geometricamente e a definire quale fosse l'effettivo rendimento del modulo schermato in tale maniera.

Di seguito si riporta la curva fotometrica del sistema modulo con elementi di mascheratura laterale per cui il flusso totale emesso risulta di 1035 lumen, evidenziando una riduzione di circa un 6%.

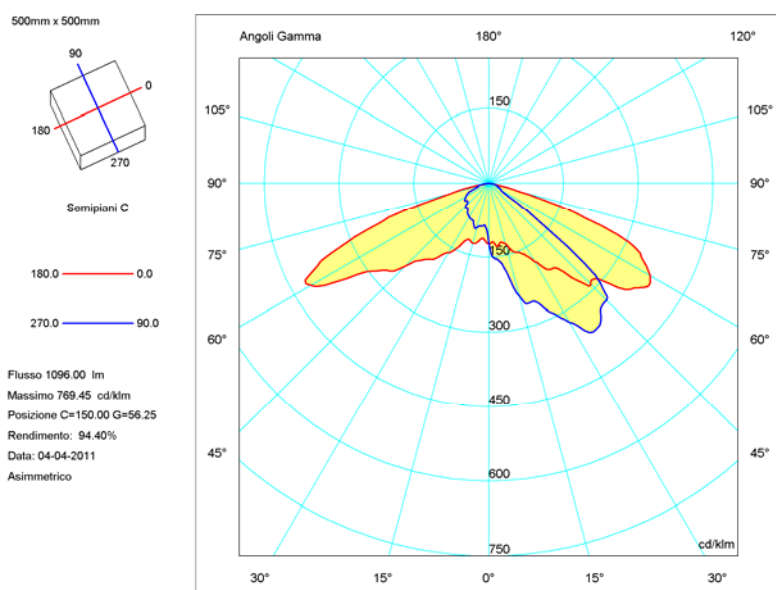


Figura 17 Curva fotometrica simulata tramite software di Raytracing TracePro inserendo elementi di mascheratura nei 4 lati.

Ulteriori considerazioni rispetto al modulo EDISON OPTO con il modulo integrato da 12 lenti (MORG) è il fatto che tale soluzione risulta essere compatta ed assicura l'isolamento e il grado di protezione IP67. Tale caratteristica risulta essere molto interessante in quanto il prodotto potrebbe essere installato senza un ulteriore schermo di protezione che inficia l'efficienza del sistema LED+Ottica e che causa variazioni alla curva fotometrica dell'apparecchio.

La possibilità di utilizzare i moduli senza schermo dipenderà sia dal grado di protezione contro l'ingresso di liquidi e polveri (IP67) sia dalle caratteristiche del materiale delle lenti che dovrà assicurare un'adeguata resistenza agli UV e agli agenti atmosferici, agli attacchi chimici dei composti volatili presenti in città e in ambienti in particolari condizioni.

Dal momento che non disponiamo di dati attendibili rispetto al materiale utilizzato per le lenti Edison, è necessario introdurre uno schermo.

Un ulteriore passaggio è stato, quindi, quello di effettuare una serie di simulazioni di ray-tracing per verificare le prestazioni di uno schermo protettivo di diversa geometria in Plexiglass, posto di fronte al sistema ottico.

Si è simulato un sistema di schermo piano, uno schermo modellato inserendo di fronte alle lenti delle superfici emisferiche al fine di controllare maggiormente il flusso e uno schermo modellato inserendo delle superfici curve a partire da sfere che ricalchino la geometria della lente. Di seguito si riportano le figure relative, appunto, alle geometrie di tali schermi:



### Schermo piano

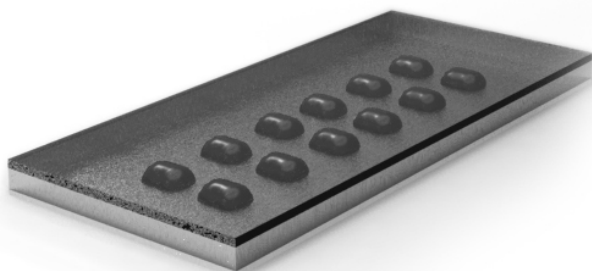


Figura 18 Modulo Edison Opto Morg inserito all'interno di un elemento mascherato con schermo protettivo piatto

### Schermo Bubble



Figura 19 Modulo Edison Opto Morg inserito all'interno in un elemento di mascheratura e avente schermo protettivo caratterizzato da calotte emisferiche posizionate in corrispondenza delle lenti

### Schermo offset lente



Figura 20 Modulo Edison Opto Morg inserito all'interno di un elemento mascherato con schermo protettivo caratterizzato da una geometria costruita intorno alla lente stessa

Dallo schema seguente si nota che non sempre c'è corrispondenza tra il valore di rendimento e il fattore di utilizzazione.



Schermo	Rendimento	Fattore di utilizzazione I/h=1
Piano	81.51 %	0.49
Bubble	85.25 %	0.36
Offset lente	85.96 %	0.53

Tabella 2 Schema riassuntivo delle performance degli schermi di protezione in relazione al rendimento e al fattore di utilizzazione

Per questo motivo, per confrontare le performance ottenute dalle simulazioni delle varie geometrie si rende necessario prendere in esame un parametro di tipo impiantistico piuttosto che il valore di rendimento delle singole soluzioni.

### 7.1.2 Lenti LEDIL serie STRADA + LED CREE XP-G

Per quanto concerne le lenti LEDIL serie strada, il sistema modulare diventa assolutamente più flessibile sia perché le lenti disponibili, e quindi le curve fotometriche sono molto diversificate, sia perché tali lenti consentono di montare diverse tipologie di LED, sia perché le disposizioni del sistema LED + Lente è molto più varia. Lo svantaggio è che il sistema non è IP67 e quindi bisogna considerare l'inserimento della maschera per evitare l'emissione della luce verso l'alto e di uno schermo in plexiglass o altro materiale di proprietà ottica in grado di garantire l'IP67 al sistema.

La fase di prova è stata fatta misurando singoli LED Cree XP-G (senza una specifica selezione) con le lenti LEDIL serie STRADA T-DN e T-DW la cui combinazione dovrebbe assicurare le fotometrie di studio per il contesto applicativo di riferimento.

I file derivati dalla misura sono stati utilizzati all'interno di programmi di simulazione e ray-tracing al fine di calcolare esattamente quale fosse il rendimento del modulo costituito da 12 LED inserendo uno schermo e un bordo di mascheratura.

In particolare, come nel caso precedente, il modulo è stato calcolato tramite dimensionamento geometrico rispetto all'ampiezza dei fasci delle lenti utilizzate: la dimensione geometrica degli elementi di schermatura laterale derivano dunque dalla necessità di assicurare la non emissione di flusso verso l'alto.

Considerando dunque una disposizione di LED + Lente simile a quella del modulo Edison, è stato determinato il dimensionamento del modulo, come si riporta in Figura 21.

Successivamente sono stati progettati due sistemi di schermo protettivo in materiale plastico resistente agli UV e agli agenti acidi presenti in esterni che assicurino, al contempo, la protezione IP67 all'intero modulo.

Si tratta di due schermi, uno piano e l'altro progettato seguendo, per quanto possibile, la configurazione delle lenti, cercando di diminuire l'assorbimento dello schermo stesso. Di seguito si riporta la figura relativa. (Figura 22).



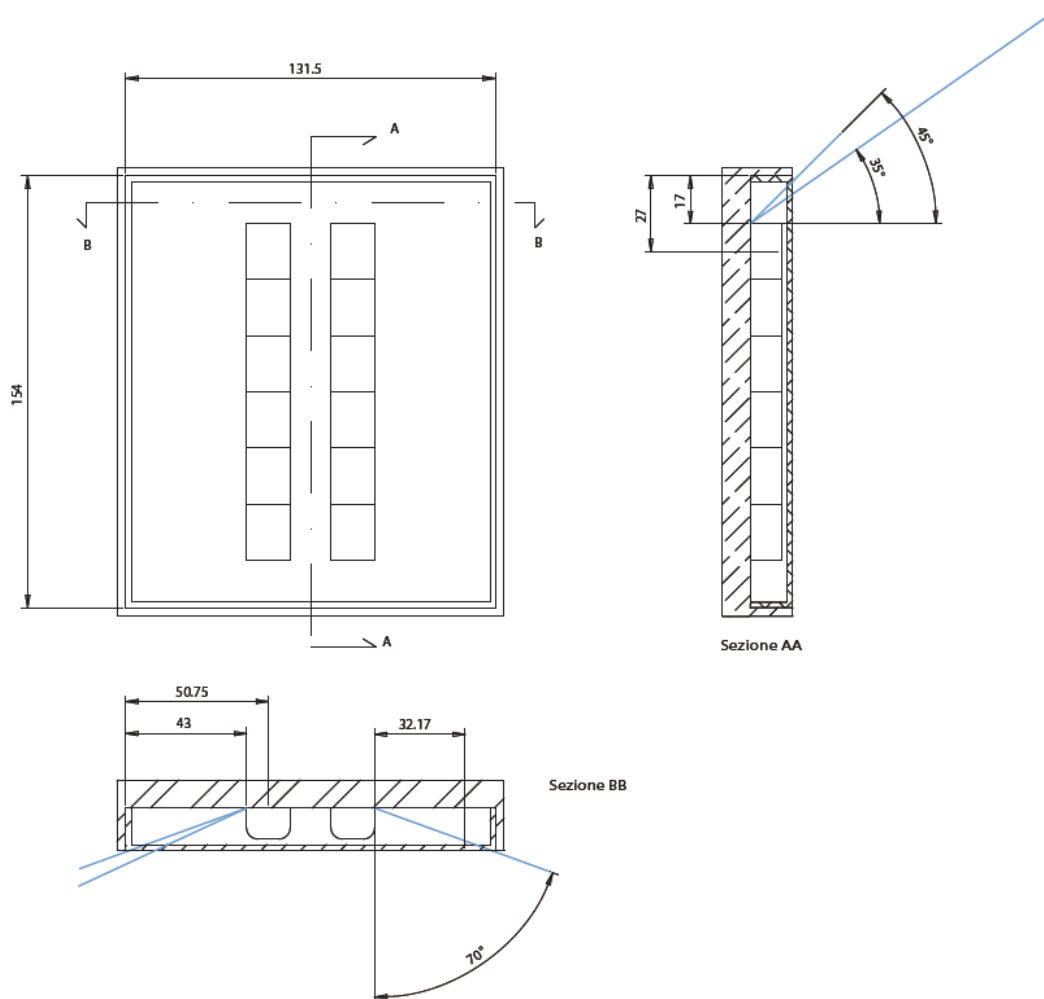


Figura 21 Dimensionamento del modulo lenti LEDIL serie strada nella configurazione lineare con vetro piano.

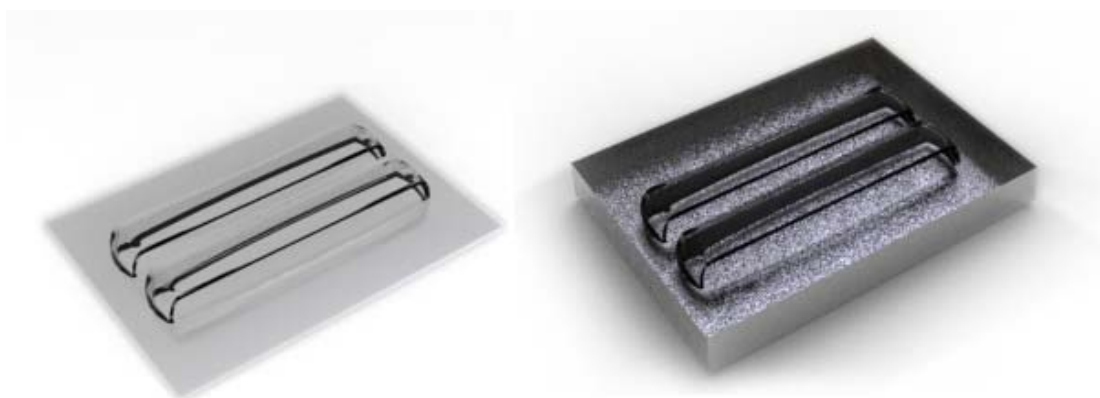


Figura 22 Modulo Ledil Strada T-DW con inserimento di una mascheratura e di uno schermo in Plexiglass disegnato ad-hoc

I risultati della simulazione dei vari sistemi sono riassunti nella tabella che segue:



Tipo di lente	Schermo	Rendimento
T-DW	Piano	70.23 %
	Offset lente	62.84 %
T-DN	Piano	77.23 %
	Offset lente	80.15 %

Il fattore di utilizzazione del sistema modulo con schermo piano per la combinazione lenti TDW + TDN è 0.38 per  $l/h = 1$

Nel caso dello schermo modellato con una geometria che tenga in considerazione le lenti, risulta migliorato il rendimento dell'emissione della lente T-DN ma evidentemente peggiorato quello della lente T-DW.

Anche in questo caso di rende necessario provare le fotometrie ottenute rispetto ad entrambe le lenti all'interno di un impianto stradale simulando le applicazioni previste nel caso studio prescelto.

## 7.2 Prove di valutazione impiantistica

Tutti i valori ottenuti tramite prove di misura e simulazione sono stati opportunamente scalati scegliendo un LED della stessa famiglia ma con caratteristiche più adatte rispetto al contesto applicativo. In particolare sono stati selezionati LED con temperatura di colore compresa tra 4000 K – 5000 K e la selezione di flusso migliore possibile.

Nel caso degli Edison Opto la selezione è T3 con un flusso di 85 lumen a 350 mA per ciascun LED e una temperatura di colore di circa 4500 K.

Nel caso dei LED Cree XP-G selezione R4 con un flusso di 130 lumen a 350 mA per ciascun LED e una temperatura di colore compresa tra 4000 e 5300 K. (codice di ordine XPG WHT-01-0000-00GC2).

Da questi dati risulta che il sistema LED più efficiente risulta quello dei Cree.

Le valutazioni comparative effettuate su due diversi impianti (dimensione strada 4.5 m con altezza palo 4.5 m e dimensione strada 6.5 m con altezza palo 6.5 m) sono riportati nei due allegati per le due possibili soluzioni (Allegato A e Allegato B)

Lo schema seguente riassume comparandoli i risultati ottenuti da simulazione impiantistica:

		Impianto strada larghezza 4.5 m Categoria illuminotecnica CE5/S3			Impianto strada larghezza 6.5 m Categoria illuminotecnica CE4		
		Em	U <sub>o</sub>	E <sub>min</sub> / E <sub>max</sub>	Em	U <sub>o</sub>	E <sub>min</sub> / E <sub>max</sub>
EDISON OPTO + LENTE MORG	Modulo maschera	11	0.451	0.288	10	0.474	0.297
	Modulo maschera schermo piano	9.67	0.408	0.253	9.29	0.429	0.261
	Modulo maschera schermo bubble	7.04	0.423	0.242	6.81	0.433	0.249
	Modulo maschera schermo	10	0.352	0.219	10	0.382	0.234



	offset lente						
LEDIL TDN+TDW	Modulo maschera schermo piano	<u>11</u>	<u>0.635</u>	0.418	<u>11</u>	<u>0.618</u>	0.414
	Modulo maschera schermo Offset lente	11	<u>0.396</u>	<u>0.215</u>	11	0.346	0.215

Tabella 3 Schema riassuntivo dei risultati ottenuti nella simulazione impiantistica

### 7.3 Considerazioni sulle prestazioni fotometriche

In base alla tabella si nota come i diversi moduli provati su impianto, in linea generale, soddisfino le categorie di riferimento CE4 e CE5. Le righe selezionate in colore fanno riferimento a quelle soluzioni che, con qualche aggiustamento in alcuni casi e con lievi differenze tra di loro, soddisfano i requisiti imposti dalla norma.

In particolare, per quanto riguarda il sistema EDISON OPTO il sistema senza schermo funzionerebbe in maniera perfetta assicurando il rispetto della normativa e IP67. Rimane il dubbio sulla reale resistenza del materiale di cui sono fatte le lenti all'installazione in esterni. In alternativa, l'inserimento di uno schermo piano incide sull'efficienza dei LED ma non sulla fotometria: i valori di uniformità rimangono sostanzialmente invariati ma diminuiscono le efficienze e quindi i valori di illuminamento. Basterebbe sovralimentare i LED per poter rientrare nella categoria illuminotecnica di riferimento.

L'inserimento dello schermo geometricamente modellando seguendo il profilo della lente consente di guadagnare di efficienza ma determina una diminuzione delle uniformità che risultano leggermente scarse, anche se i livelli delle categorie di riferimento risultano essere, approssimativamente, soddisfatti. In questo caso, l'unica soluzione, per avere dei valori più rassicuranti, sarebbe quella di ravvicinare, anche se di poco, i pali.

Il fattore di utilizzazione di queste soluzioni, soprattutto schermo piano e schermo offset lente risultano essere rispettivamente di 0.49 e 0.53.

Diversamente, per quanto riguarda le Lenti LEDIL serie STRADA e i LED CREE XP-G il sistema risulta molto efficiente, nonostante l'inserimento di uno schermo piano di chiusura. Utilizzando questa soluzione, l'uniformità risulta molto più elevata rispetto a quella considerata dalla normativa: ciò significa che i pali possono essere allontanati aumentando di molto l'interdistanza, arrivando ad un rapporto  $l/h = 4$ .

Il fattore di utilizzazione di queste soluzioni, per quanto concerne lo schermo piano risulta essere molto inferiore rispetto ai moduli Edison: il valore risulta infatti essere di 0.38.

Per quanto concerne, invece, l'inserimento di uno schermo con geometria progettata, i risultati sono evidentemente più scarsi soprattutto per quanto riguarda il valore di uniformità che, nel caso dell'impianto di 4.5 m non riesce a soddisfare i requisiti illuminotecnici con un rapporto  $l/h = 3.7$ .



## 7.4 Flessibilità di sistema

Variabilità e versatilità di utilizzi è l'idea intrinseca del modulo che diventa elemento di luce configurabile a seconda delle necessità e inseribile su un palo per diversi contesti e applicazioni.

Il modulo di luce diventa quindi strettamente connesso allo studio delle diverse applicazioni, nel caso specifico di riferimento, applicazioni su strade a traffico lento e prevalentemente pedonali e applicazioni su piazze o sentieri le cui caratteristiche fotometriche variano al variare dell'inserimento nel contesto urbano. Per questo motivo si rende necessario l'utilizzo di un sistema che permette flessibilità di configurazione di un sistema, in questo caso, abbastanza semplice ma, in previsione futura, aperto ad altre possibili configurazioni e applicazioni. Tra le due soluzioni presentate, Modulo Ledil e modulo Edison, risulta evidente che la maggiore flessibilità sia assicurata dalle lenti LEDIL la cui combinazione permette di illuminare in maniera conforme alle norme un impianto stradale categoria Ce e S ma permette anche la creazione di fotometrie roto-simmetriche per l'illuminazione corretta di piazze, piazzali e sentieri, distribuendo opportunamente i moduli e utilizzando lenti corrette.

Il palo, dunque, oltre ad essere intelligente diventa utile appoggio per il parassitaggio di moduli atti a fare luce, sia in linea alle norme vigenti rispetto all'illuminazione stradale e all'inquinamento luminoso sia rispetto a nuove funzioni luminose nello spazio pubblico. Di seguito si riportano le eventuali configurazioni dei moduli:

### CONFIGURAZIONE1

Installazione a 4.50 m da terra a palo o tramite braccio

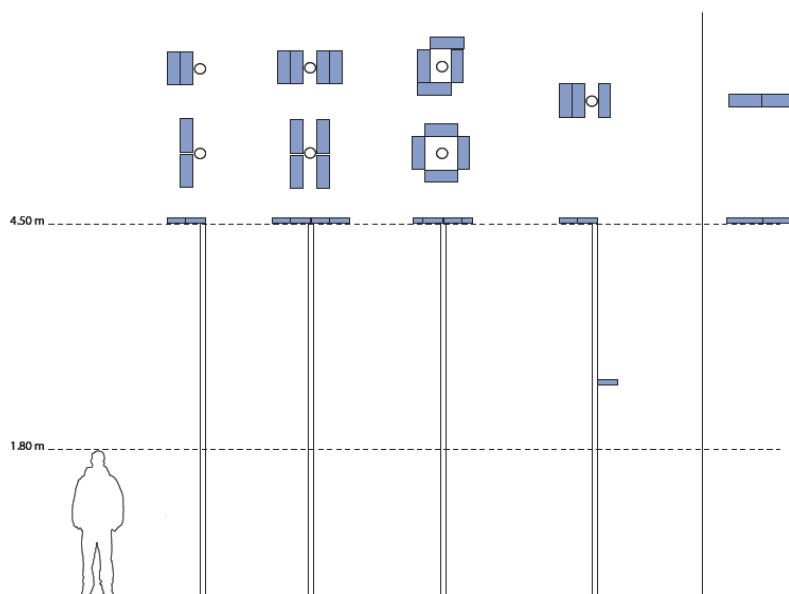
Moduli previsti: 2

Contesto d'uso

Tipicamente in strade strette di centri storici in cui l'utente prevalente sia il pedone, a palo oppure lungo le cornici degli edifici, oppure in piazze e spiazzi.

### Fotometrie

Le fotometrie quindi possono essere asimmetriche o rotosimmetriche oppure completamente variabili in dipendenza dal contesto d'uso (ad esempio se ci si trova vicino ad edifici e si vuole evitare l'effetto di disturbo dovuto al glare)





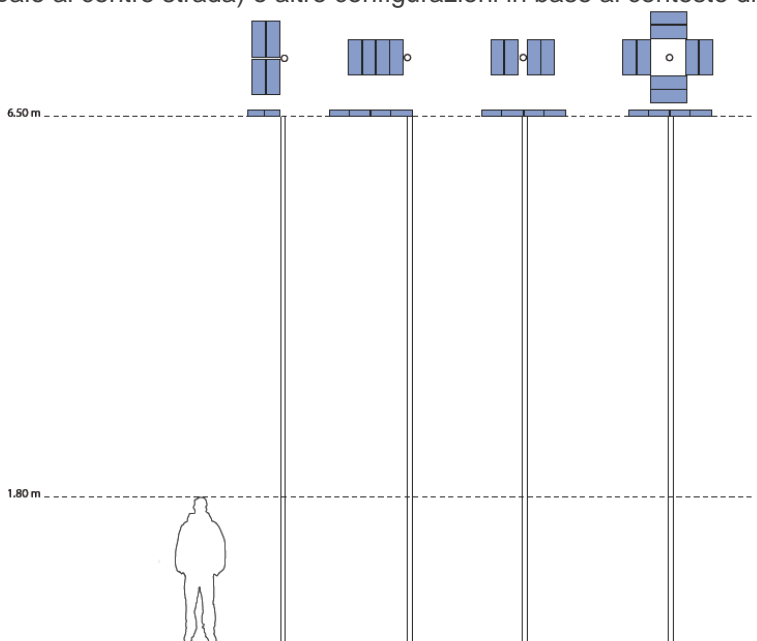
## CONFIGURAZIONE 2

Installazione a 6.50 m in testa palo

Moduli previsti: 4

Contesto d'uso:

Emissione asimmetrica da un lato della strada oppure da due (nel caso di presenza di impianti con palo al centro strada) o altre configurazioni in base al contesto di utilizzo.



## CONFIGURAZIONE 3 (EVENTUALE)

Installazione a 1 massimo da terra

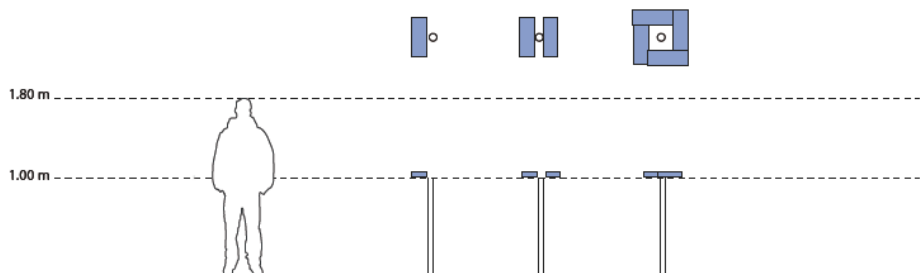
Moduli previsti: 1

Contesto d'uso

Sentieri, vialetti e tutte quelle applicazioni in cui la luce diventi guida di orientamento dei percorsi.

Fotometrie

Le fotometrie quindi possono essere asimmetriche o rotosimmetriche.



Dall'analisi delle Lenti disponibili, il sistema LEDIL risulta molto più flessibile rispetto al modulo EDISON con il quale risulta abbastanza complesso la configurazione di una fotometria rotosimmetrica da utilizzarsi nel contesto piazza.

## **ALLEGATO A**

### **VALUTAZIONE COMPARATIVA**

Valutazione comparativa di impianti di illuminazione di due tipologie rispetto all'utilizzo del MODULO LED EDISON OPTO con 12 LED( 4500° K, CRI 65, T3, 85 LUMEN) con lenti MORG, schermatura del flusso tramite bordo e serie di schermi di chiusura:

- senza schermo;
- schermo piano;
- schermo bubble;
- schermo costruzione sferica;





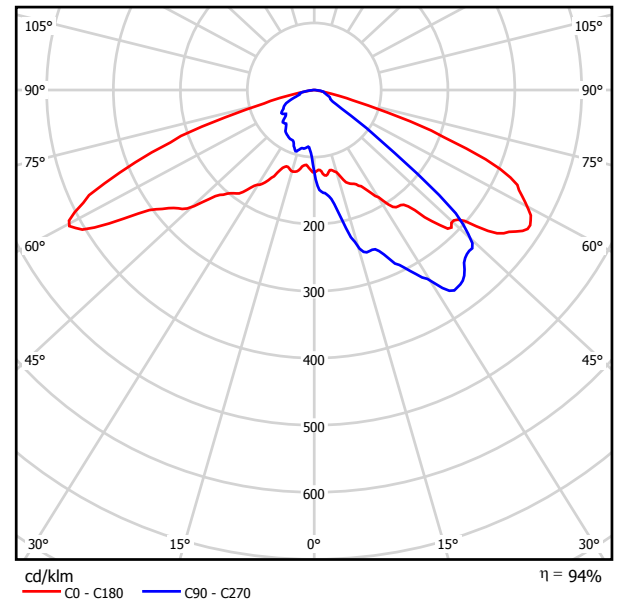
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## Politecnico di Milano Morg no schermo bordo Morg no schermo bordo / Scheda tecnica apparecchio

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.

Emissione luminosa 1:



Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 31 77 98 100 95

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.



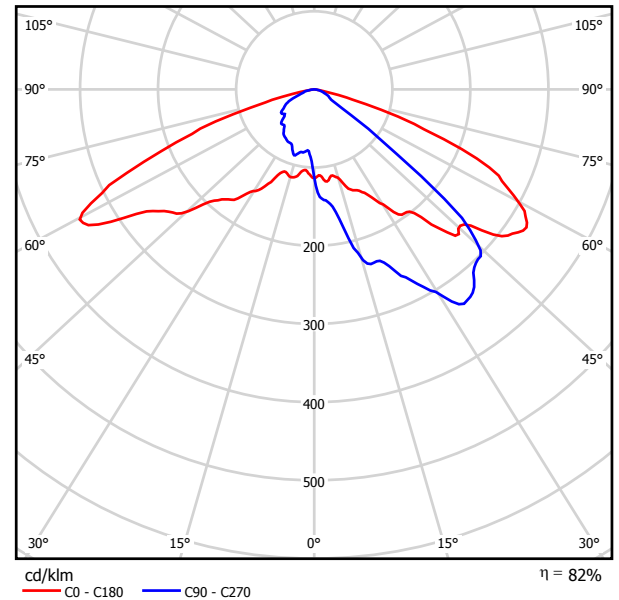
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## Politecnico di Milano Morg + VP Morg + VP / Scheda tecnica apparecchio

### Emissione luminosa 1:

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.



Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 33 79 98 100 82

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.



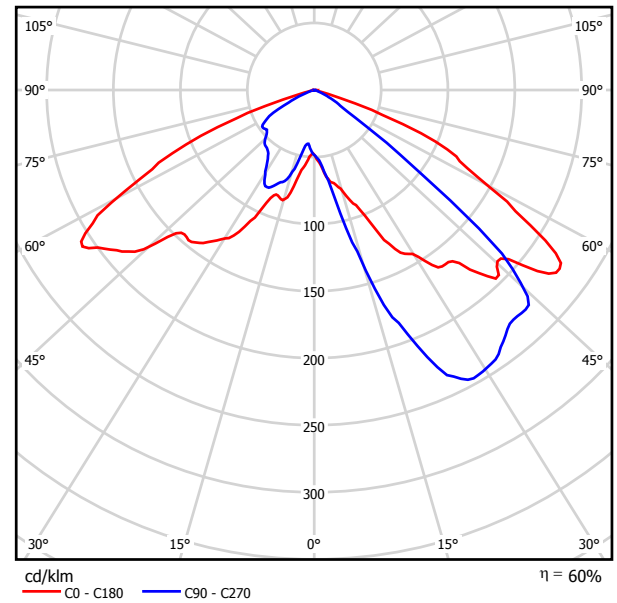
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## Politecnico di Milano MORG\_Bubble\_completa MORG\_Bubble\_completa T3 / Scheda tecnica apparecchio

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.

Emissione luminosa 1:



Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 35 83 99 100 60

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.



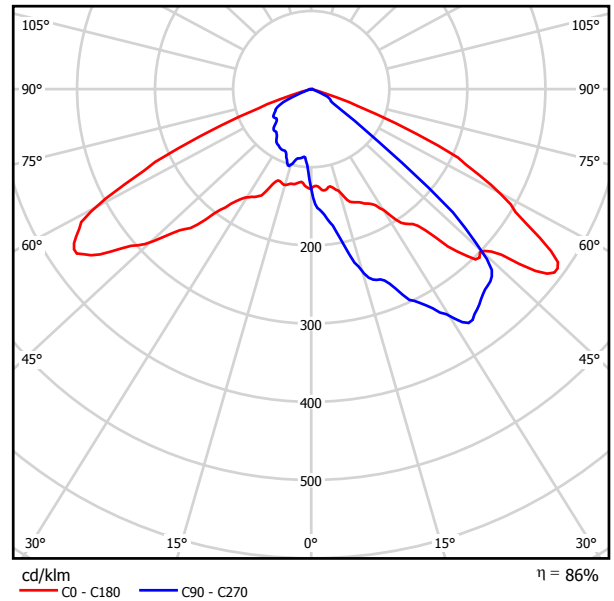
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## Politecnico di Milano MORG\_coppa\_costruzione\_sferica MORG\_coppa\_costruzione\_sferica T3 / Scheda tecnica apparecchio

Emissione luminosa 1:

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.



Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 34 84 99 100 87

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

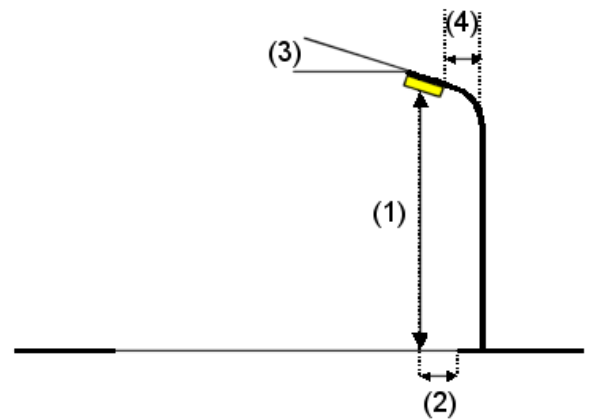
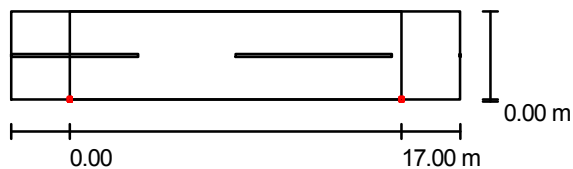
## STRADA 4.5\_MORG\_MASCHERA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 4.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano Morg no schermo bordo Morg no schermo bordo
Flusso luminoso lampade:	1836 lm
Potenza lampade:	26.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	17.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

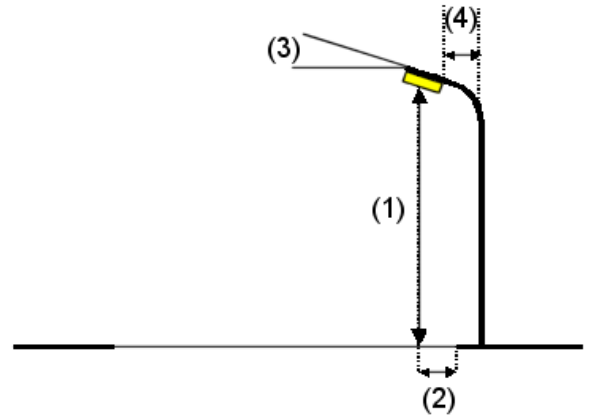
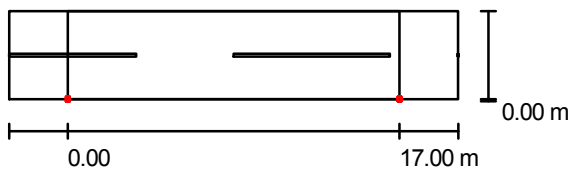


POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_MASCHERA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano Mora no schermo bordo Mora no schermo bordo
Flusso luminoso lampade:	1836 lm
Potenza lampade:	26.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	17.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m





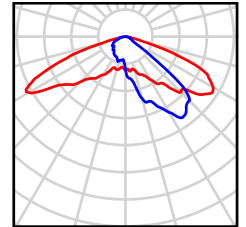
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_MASCHERA / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano Morg no schermo bordo  
Morg no schermo bordo  
Articolo No.: Morg no schermo bordo  
Flusso luminoso lampade: 918 lm  
Potenza lampade: 13.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 31 77 98 100 95  
Dotazione: 1 x EDISON OPTO (Fattore di  
correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.

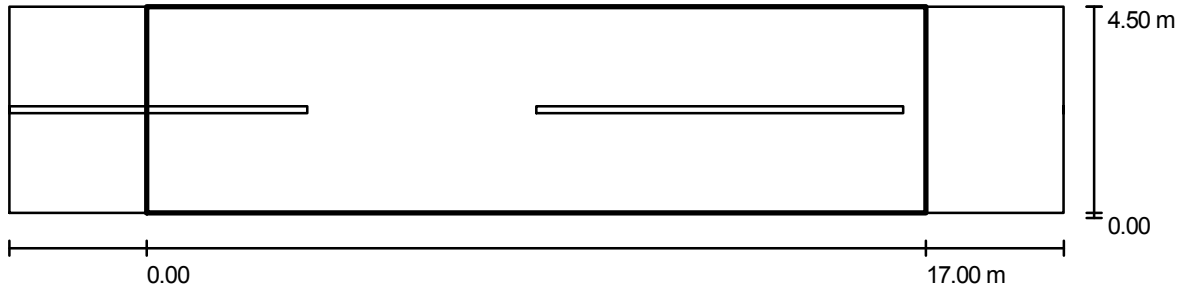




POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_MASCHERA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:165

Reticolo: 10 x 3 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE5

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
10.9	0.5
$\geq 7.5$	$\geq 0.4$
✓	✓



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_MASCHERA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>3.750</b>	14	13	13	8.12	<u>4.91</u>	5.00	9.10	10	12	14
<b>2.250</b>	16	<u>17</u>	15	11	6.65	6.30	10	14	14	15
<b>0.750</b>	13	13	11	8.10	6.86	6.39	7.63	11	11	12
<b>m</b>	<b>0.850</b>	<b>2.550</b>	<b>4.250</b>	<b>5.950</b>	<b>7.650</b>	<b>9.350</b>	<b>11.050</b>	<b>12.750</b>	<b>14.450</b>	<b>16.150</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 3 Punti

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	4.91	17	0.451	0.288



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

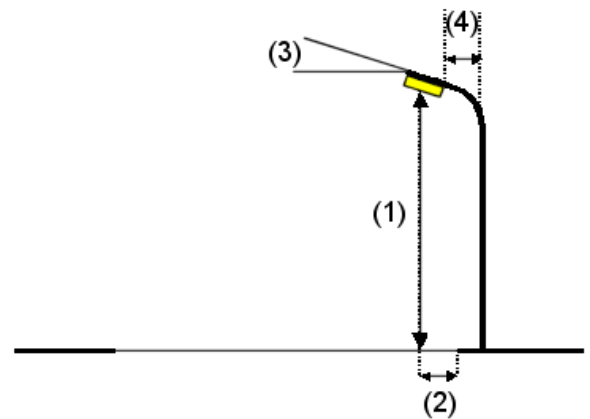
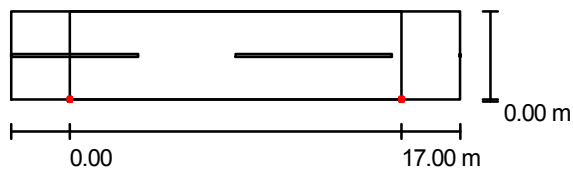
## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_PIANA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 4.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano Morg + VP Morg + VP
Flusso luminoso lampade:	1836 lm
Potenza lampade:	26.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	17.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

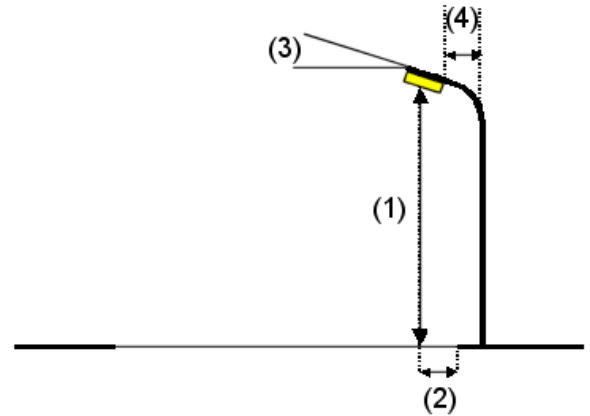
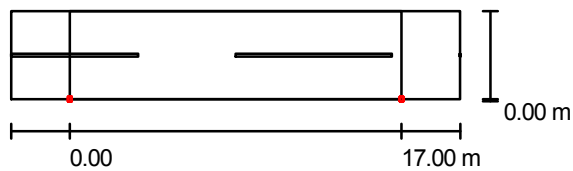


POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_PIANA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano Mora + VP Mora + VP
Flusso luminoso lampade:	1836 lm
Potenza lampade:	26.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	17.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



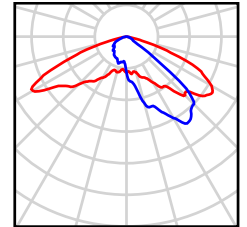
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_PIANA / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano Morg + VP Morg + VP  
Articolo No.: Morg + VP  
Flusso luminoso lampade: 1836 lm  
Potenza lampade: 26.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 33 79 98 100 82  
Dotazione: 1 x EDISON OPTO (Fattore di  
correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.

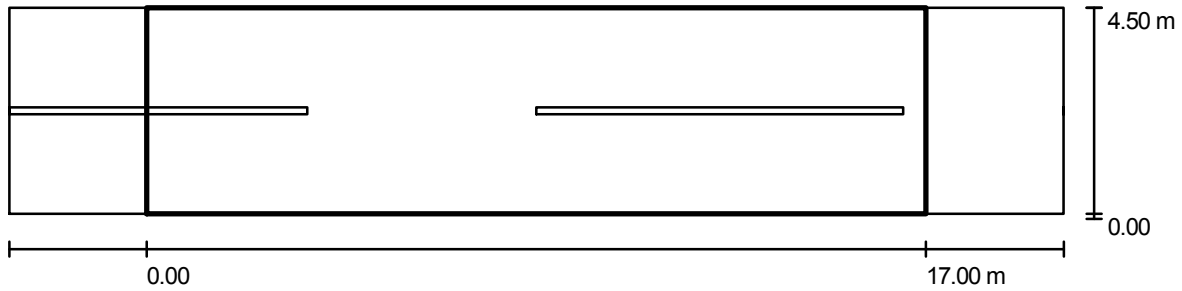




POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_PIANA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:165

Reticolo: 10 x 3 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE5

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
9.7	0.4
$\geq 7.5$	$\geq 0.4$
✓	✓





POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_PIANA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>3.750</b>	13	12	11	6.84	<u>3.94</u>	4.02	7.67	9.10	11	13
<b>2.250</b>	15	<u>16</u>	13	9.44	5.41	5.14	8.70	12	13	14
<b>0.750</b>	12	12	9.82	6.94	5.61	5.24	6.56	9.45	9.90	11
<b>m</b>	<b>0.850</b>	<b>2.550</b>	<b>4.250</b>	<b>5.950</b>	<b>7.650</b>	<b>9.350</b>	<b>11.050</b>	<b>12.750</b>	<b>14.450</b>	<b>16.150</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 3 Punti

$E_m$  [lx]  
9.67

$E_{min}$  [lx]  
3.94

$E_{max}$  [lx]  
16

$E_{min} / E_m$   
0.408

$E_{min} / E_{max}$   
0.253



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

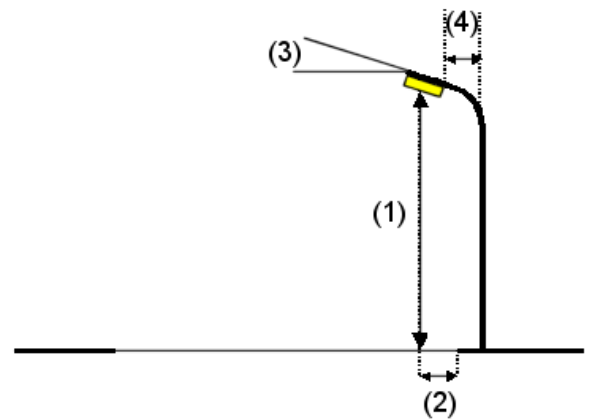
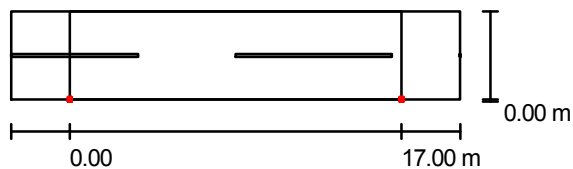
## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_BUBBLE / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 4.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano MORG_Bubble_completa MORG_Bubble_completa T3
Flusso luminoso lampade:	1836 lm
Potenza lampade:	26.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	17.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

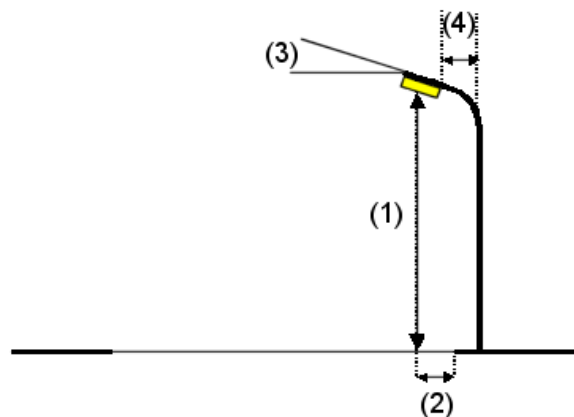
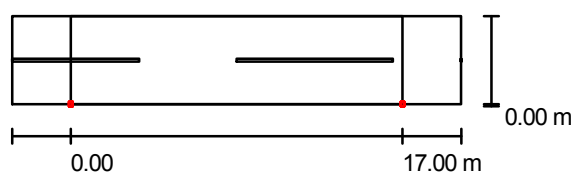


POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_BUBBLE / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano MORG_Bubble_completa MORG_Bubble_completa T3
Flusso luminoso lampade:	1836 lm
Potenza lampade:	26 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	17.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



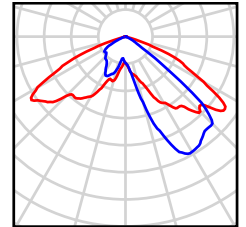
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_BUBBLE / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano MORG\_Bubble\_completa  
MORG\_Bubble\_completa T3  
Articolo No.: MORG\_Bubble\_completa  
Flusso luminoso lampade: 1836 lm  
Potenza lampade: 27.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 35 83 99 100 60  
Dotazione: 1 x EDISON OPTO (Fattore di  
correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.

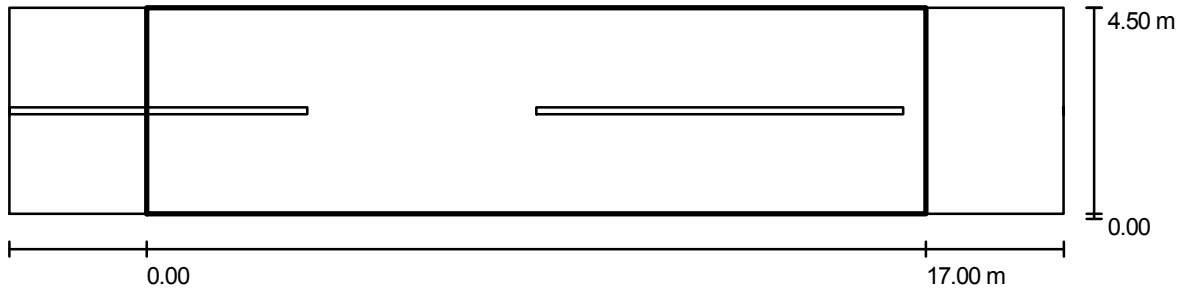




POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

**STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_BUBBLE / Campo di valutazione Carreggiata 1 /  
Panoramica risultati**



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:165

Reticolo: 10 x 3 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE5

(Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
7.0	0.4
$\geq 7.5$	$\geq 0.4$
<b>X</b>	<b>✓</b>



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_BUBBLE / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>3.750</b>	9.33	8.34	8.46	5.18	3.09	3.24	5.71	6.75	8.15	9.19
<b>2.250</b>	<u>12</u>	11	9.50	6.85	3.49	3.52	6.26	8.95	9.39	<u>12</u>
<b>0.750</b>	6.61	9.13	7.39	4.95	3.08	<u>2.98</u>	4.72	6.66	7.91	6.66
<b>m</b>	<b>0.850</b>	<b>2.550</b>	<b>4.250</b>	<b>5.950</b>	<b>7.650</b>	<b>9.350</b>	<b>11.050</b>	<b>12.750</b>	<b>14.450</b>	<b>16.150</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 3 Punti

$E_m$  [lx]  
7.04

$E_{min}$  [lx]  
2.98

$E_{max}$  [lx]  
12

$E_{min} / E_m$   
0.423

$E_{min} / E_{max}$   
0.242



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

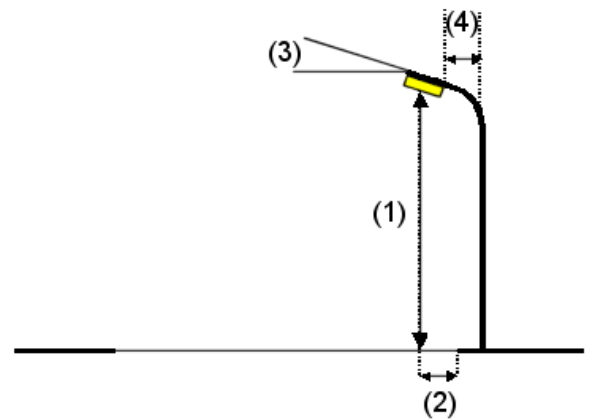
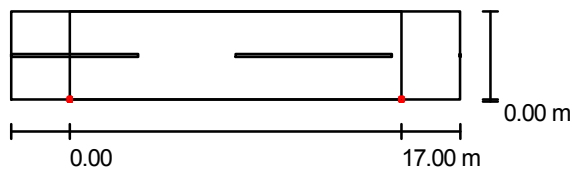
## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_SFERICA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 4.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano MORG_coppa_costruzione_sferica MORG_coppa_costruzione_sferica T3
Flusso luminoso lampade:	1836 lm
Potenza lampade:	26.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	17.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



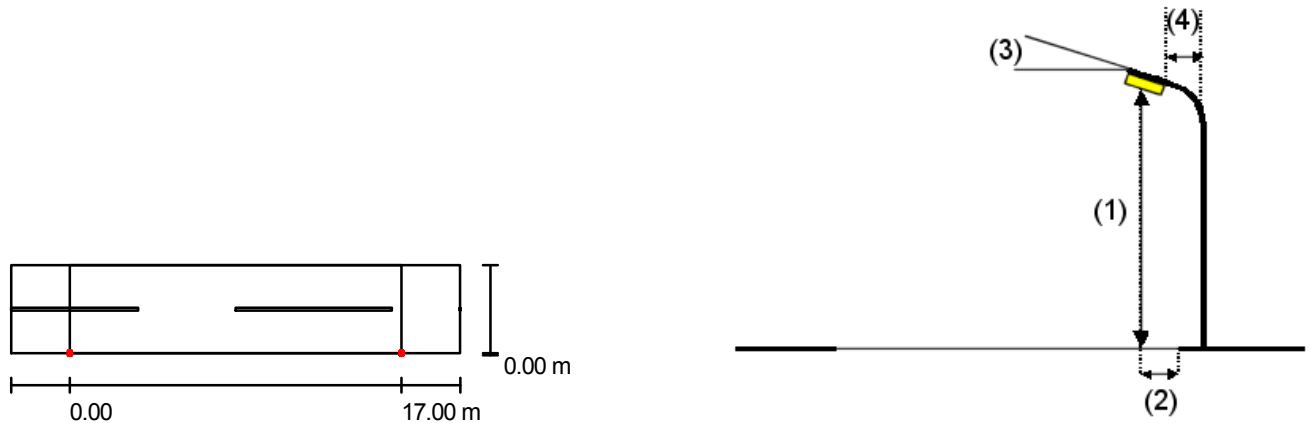


POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_SFERICA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano MORG_coppa_costruzione_sferica MORG_coppa_costruzione_sferica T3
Flusso luminoso lampade:	1836 lm
Potenza lampade:	26.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	17.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



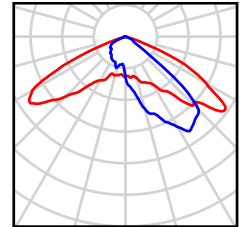
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_SFERICA / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano  
MORG\_coppa\_costruzione\_sferica  
MORG\_coppa\_costruzione\_sferica T3  
Articolo No.: MORG\_coppa\_costruzione\_sferica  
Flusso luminoso lampade: 918 lm  
Potenza lampade: 13.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 34 84 99 100 87  
Dotazione: 1 x EDISON OPTO (Fattore di  
correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.

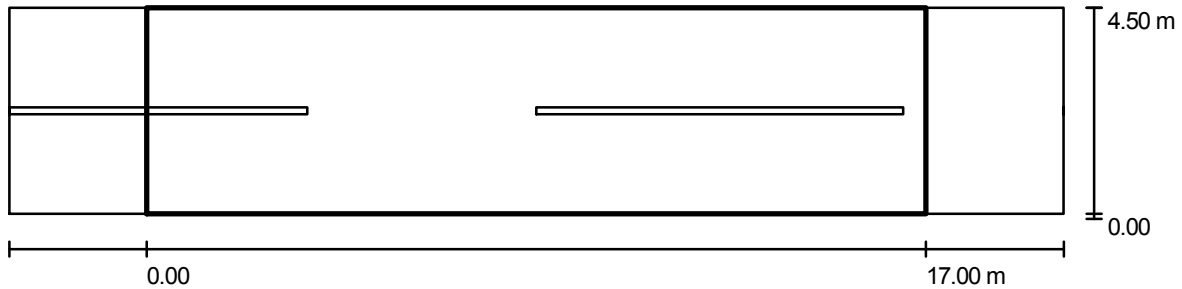




POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_SFERICA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:165

Reticolo: 10 x 3 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE5

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
10.4	0.4
$\geq 7.5$	$\geq 0.4$
✓	✓



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_MORG\_COPPA\_SFERICA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>3.750</b>	14	12	12	7.90	<u>3.67</u>	3.71	8.20	10	12	14
<b>2.250</b>	15	<u>17</u>	15	10	4.68	4.82	10	14	13	16
<b>0.750</b>	13	12	12	8.27	5.00	4.46	8.12	11	10	12
<b>m</b>	<b>0.850</b>	<b>2.550</b>	<b>4.250</b>	<b>5.950</b>	<b>7.650</b>	<b>9.350</b>	<b>11.050</b>	<b>12.750</b>	<b>14.450</b>	<b>16.150</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 3 Punti

$E_m$  [lx]  
10

$E_{min}$  [lx]  
3.67

$E_{max}$  [lx]  
17

$E_{min} / E_m$   
0.352

$E_{min} / E_{max}$   
0.219



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

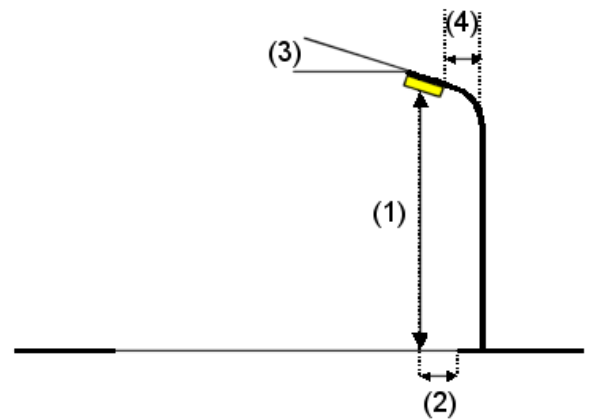
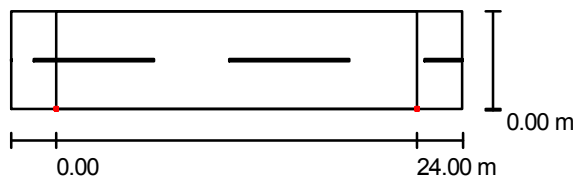
## STRADA 6.5\_MORG\_MASCHERA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 6.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano Morg no schermo bordo Morg no schermo bordo
Flusso luminoso lampade:	3672 lm
Potenza lampade:	52.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	24.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

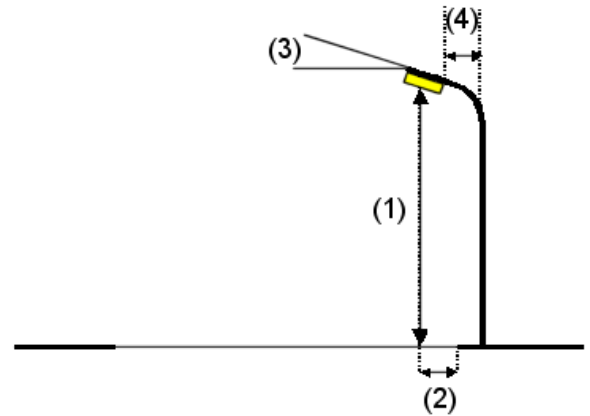
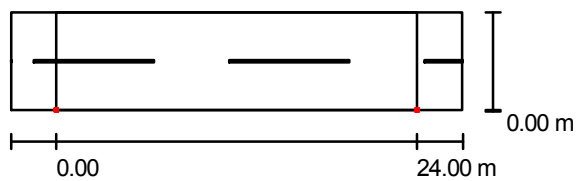


POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5\_MORG\_MASCHERA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano Morg no schermo bordo Morg no schermo bordo
Flusso luminoso lampade:	3672 lm
Potenza lampade:	52.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	24.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



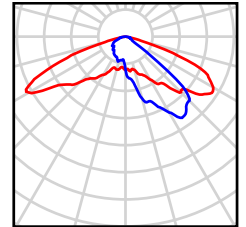
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5\_MORG\_MASCHERA / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano Morg no schermo bordo  
Morg no schermo bordo  
Articolo No.: Morg no schermo bordo  
Flusso luminoso lampade: 918 lm  
Potenza lampade: 13.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 31 77 98 100 95  
Dotazione: 1 x EDISON OPTO (Fattore di  
correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.



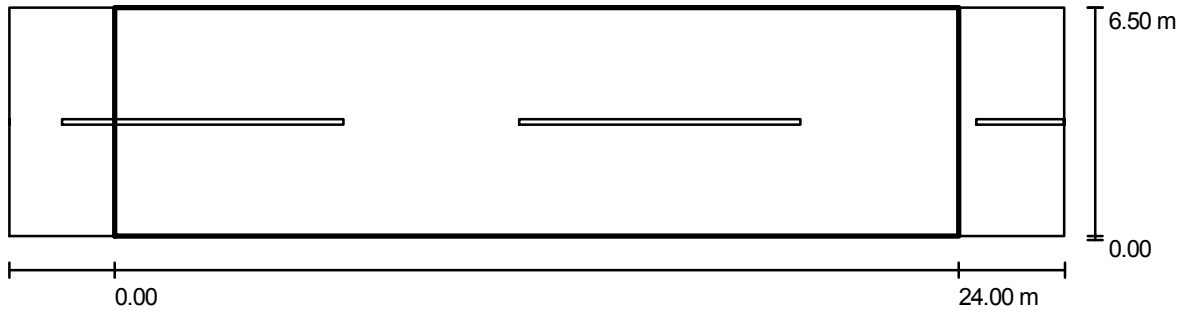




POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5\_MORG\_MASCHERA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:215

Reticolo: 10 x 5 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE4

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
10	0.5
$\geq 10$	$\geq 0.4$
✓	✓



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5\_MORG\_MASCHERA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>5.850</b>	12	11	10	7.86	<u>4.97</u>	5.19	7.80	9.85	11	12
<b>4.550</b>	15	16	14	9.54	6.06	5.99	10.00	11	13	14
<b>3.250</b>	15	<u>17</u>	15	11	6.99	6.54	10	13	14	15
<b>1.950</b>	15	12	13	9.11	6.93	6.38	9.02	11	11	13
<b>0.650</b>	9.87	11	9.79	7.69	6.74	6.40	7.18	8.66	9.89	9.58
<b>m</b>	<b>1.200</b>	<b>3.600</b>	<b>6.000</b>	<b>8.400</b>	<b>10.800</b>	<b>13.200</b>	<b>15.600</b>	<b>18.000</b>	<b>20.400</b>	<b>22.800</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 5 Punti

$E_m$  [lx]  
10

$E_{min}$  [lx]  
4.97

$E_{max}$  [lx]  
17

$E_{min} / E_m$   
0.474

$E_{min} / E_{max}$   
0.297



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

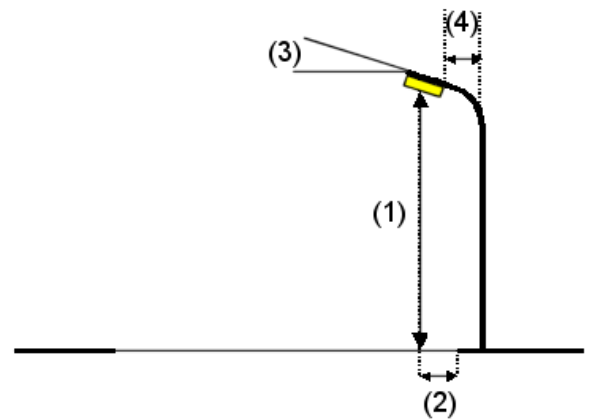
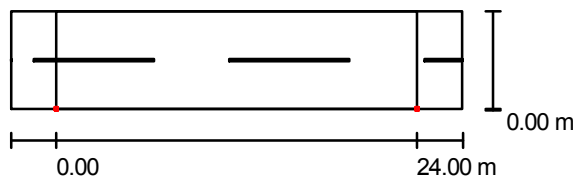
## STRADA 6.5 MORG\_COPPAPIANA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 6.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano Morg + VP Morg + VP
Flusso luminoso lampade:	3672 lm
Potenza lampade:	52.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	24.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

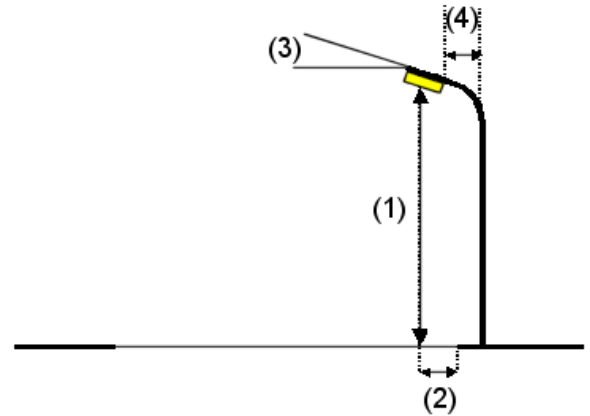
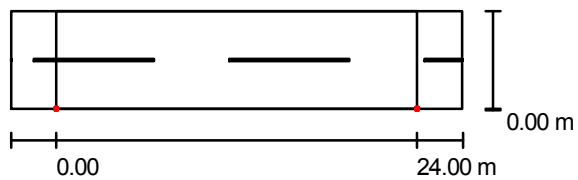


POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPAPIANA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano Morg + VP Morg + VP
Flusso luminoso lampade:	3672 lm
Potenza lampade:	52.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	24.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



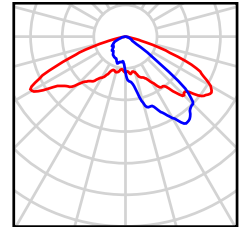
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPAPIANA / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano Morg + VP Morg + VP  
Articolo No.: Morg + VP  
Flusso luminoso lampade: 3672 lm  
Potenza lampade: 52.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 33 79 98 100 82  
Dotazione: 1 x EDISON OPTO (Fattore di  
correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.

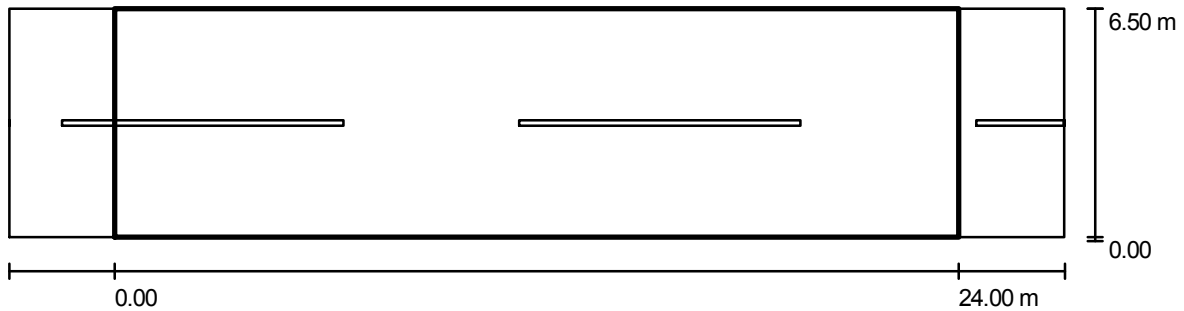




POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPAPIANA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:215

Reticolo: 10 x 5 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE4

(Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
9	0.4
$\geq 10$	$\geq 0.4$
<b>X</b>	<b>✓</b>



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPAPIANA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>5.850</b>	11	9.61	9.10	6.61	<u>3.98</u>	4.18	6.56	8.61	9.57	11
<b>4.550</b>	14	<u>15</u>	12	8.13	4.94	4.88	8.53	9.78	12	13
<b>3.250</b>	14	<u>15</u>	13	9.57	5.72	5.36	8.77	12	12	14
<b>1.950</b>	14	11	12	7.82	5.67	5.22	7.79	9.88	10	12
<b>0.650</b>	9.09	10	8.78	6.59	5.53	5.26	6.16	7.76	9.06	8.83
<b>m</b>	<b>1.200</b>	<b>3.600</b>	<b>6.000</b>	<b>8.400</b>	<b>10.800</b>	<b>13.200</b>	<b>15.600</b>	<b>18.000</b>	<b>20.400</b>	<b>22.800</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 5 Punti

$E_m$  [lx]  
9.29

$E_{min}$  [lx]  
3.98

$E_{max}$  [lx]  
15

$E_{min} / E_m$   
0.429

$E_{min} / E_{max}$   
0.261





POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

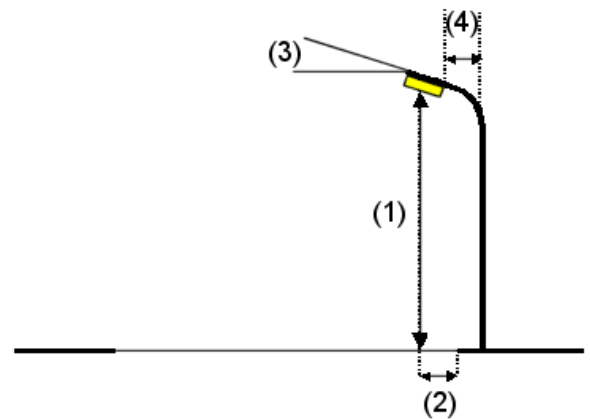
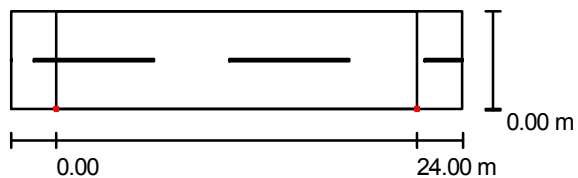
## STRADA 6.5 MORG\_COPPABUBBLE / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 6.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano MORG_Bubble_completa MORG_Bubble_completa T3
Flusso luminoso lampade:	3672 lm
Potenza lampade:	52.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	24.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

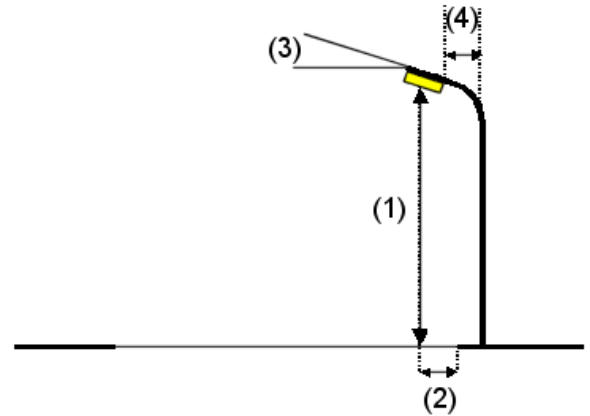
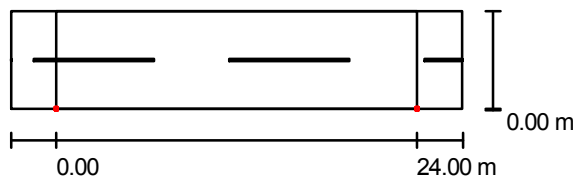


POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPABUBBLE / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano MORG_Bubble_completa MORG_Bubble_completa T3
Flusso luminoso lampade:	3672 lm
Potenza lampade:	52.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	24.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



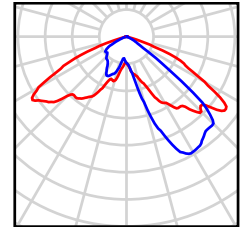
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPABUBBLE / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano MORG\_Bubble\_completa  
MORG\_Bubble\_completa T3  
Articolo No.: MORG\_Bubble\_completa  
Flusso luminoso lampade: 3672 lm  
Potenza lampade: 52.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 35 83 99 100 60  
Dotazione: 1 x EDISON OPTO (Fattore di  
correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.

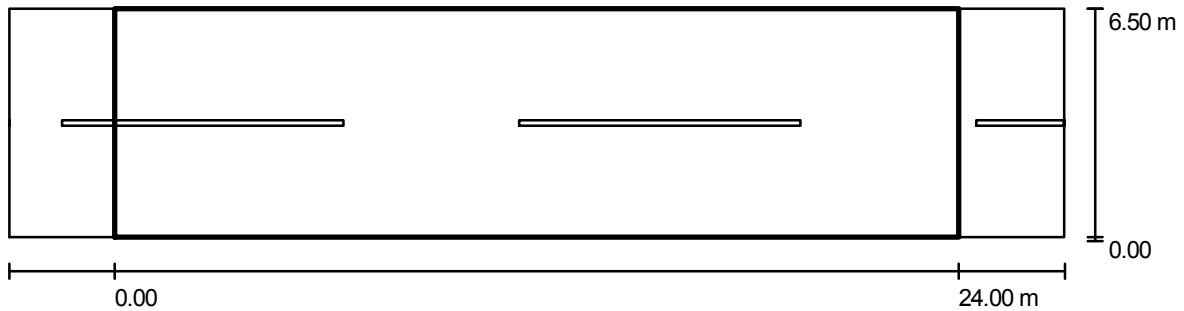




POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPABUBBLE / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:215

Reticolo: 10 x 5 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE4

(Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
7	0.4
$\geq 10$	$\geq 0.4$
<b>X</b>	<b>✓</b>



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPABUBBLE / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>5.850</b>	8.07	7.11	6.82	5.03	3.17	3.35	4.97	6.21	6.78	8.00
<b>4.550</b>	9.86	11	9.23	5.99	3.70	3.74	6.27	7.38	8.68	9.64
<b>3.250</b>	<u>12</u>	11	9.45	6.90	3.76	3.75	6.33	8.59	9.10	11
<b>1.950</b>	10	9.24	8.36	5.56	3.34	3.13	5.78	7.06	8.06	9.41
<b>0.650</b>	5.51	8.30	6.52	4.66	2.98	<u>2.95</u>	4.32	5.65	7.12	5.48
<b>m</b>	<b>1.200</b>	<b>3.600</b>	<b>6.000</b>	<b>8.400</b>	<b>10.800</b>	<b>13.200</b>	<b>15.600</b>	<b>18.000</b>	<b>20.400</b>	<b>22.800</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 5 Punti

$E_m$  [lx]  
6.81

$E_{min}$  [lx]  
2.95

$E_{max}$  [lx]  
12

$E_{min} / E_m$   
0.433

$E_{min} / E_{max}$   
0.249



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

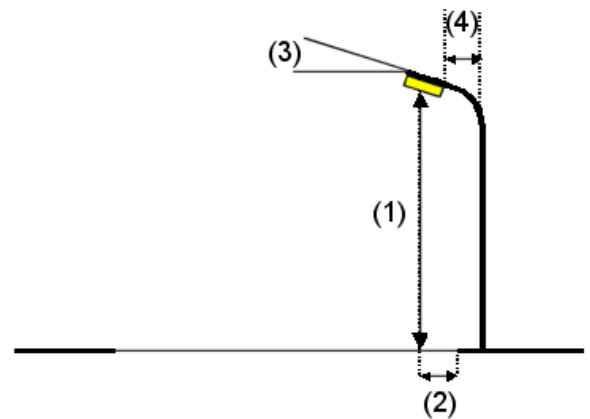
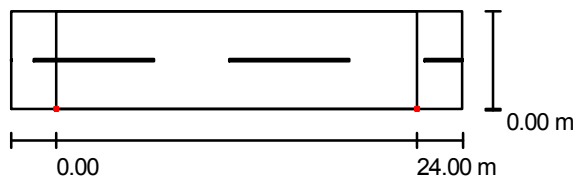
## STRADA 6.5 MORG\_COPPA\_SFERICA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 6.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano MORG_coppa_costruzione_sferica
Flusso luminoso lampade:	MORG_coppa_costruzione_sferica T3 3672 lm
Potenza lampade:	52.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	24.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

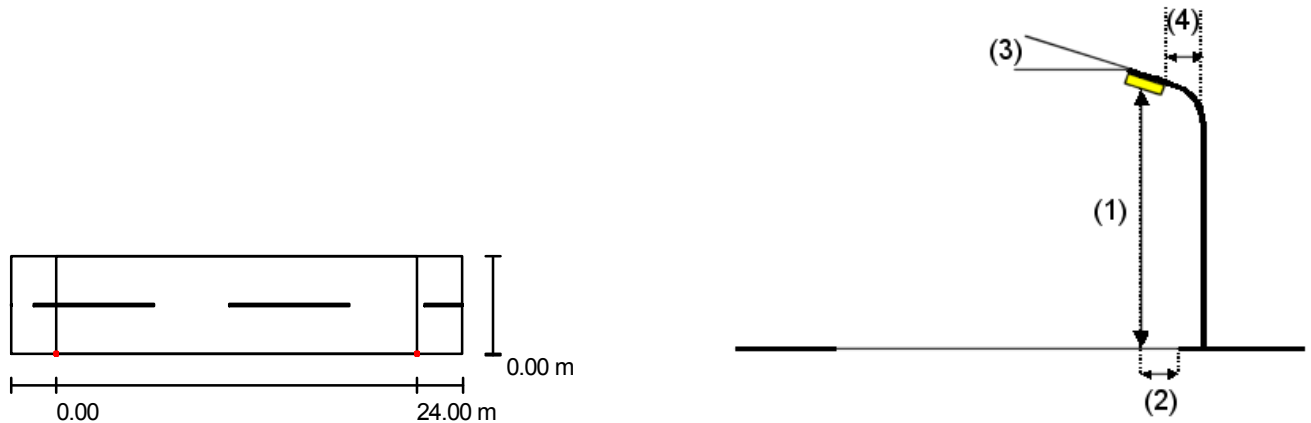


POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPA\_SFERICA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano MORG_coppa_costruzione_sferica MORG_coppa_costruzione_sferica T3
Flusso luminoso lampade:	3672 lm
Potenza lampade:	52.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	24.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



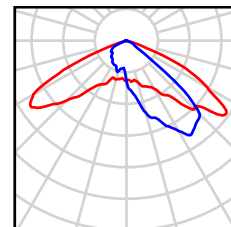
POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPA\_SFERICA / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano  
MORG\_coppa\_costruzione\_sferica  
MORG\_coppa\_costruzione\_sferica T3  
Articolo No.: MORG\_coppa\_costruzione\_sferica  
Flusso luminoso lampade: 3672 lm  
Potenza lampade: 52.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 34 84 99 100 87  
Dotazione: 1 x EDISON OPTO (Fattore di  
correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.



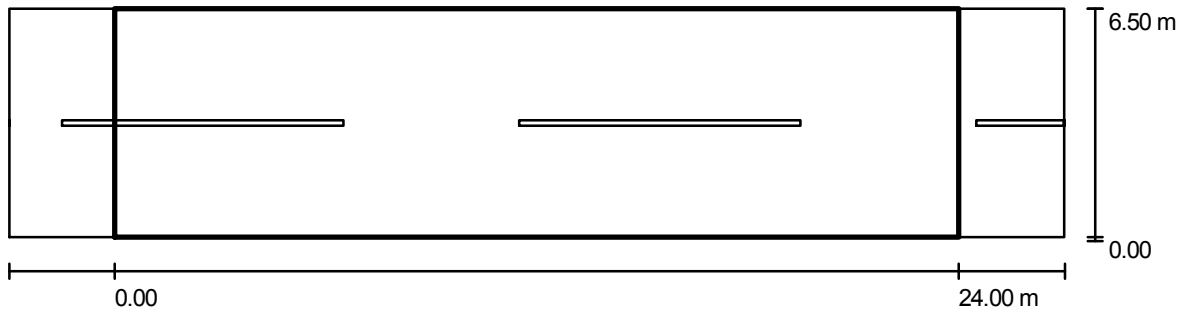




POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPA\_SFERICA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:215

Reticolo: 10 x 5 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE4

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
10	0.4
$\geq 10$	$\geq 0.4$
✓	✓



POLITECNICO SI MILANO  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 MORG\_COPPA\_SFERICA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>5.850</b>	11	10	9.59	7.68	3.84	<u>3.83</u>	7.08	9.23	9.47	12
<b>4.550</b>	15	15	13	9.01	4.53	4.54	9.56	11	13	15
<b>3.250</b>	15	<u>16</u>	15	11	5.06	5.16	10	14	13	15
<b>1.950</b>	15	12	13	8.90	5.10	4.57	9.43	11	11	13
<b>0.650</b>	10	11	10	7.81	5.00	4.65	7.49	9.30	9.01	10
<b>m</b>	<b>1.200</b>	<b>3.600</b>	<b>6.000</b>	<b>8.400</b>	<b>10.800</b>	<b>13.200</b>	<b>15.600</b>	<b>18.000</b>	<b>20.400</b>	<b>22.800</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 5 Punti

$E_m$  [lx]  
10

$E_{min}$  [lx]  
3.83

$E_{max}$  [lx]  
16

$E_{min} / E_m$   
0.382

$E_{min} / E_{max}$   
0.234

## **ALLEGATO B**

### **VALUTAZIONE COMPARATIVA**

Valutazione comparativa di impianti di illuminazione di due tipologie rispetto all'utilizzo del MODULO LED LEDIL TDW e TDN con 12 LED CREE XPG (4000°K - 5300 K, , R4, 130 LUMEN) con schermatura del flusso tramite bordo e serie di schermi di chiusura:

schermo piano;

schermo costruzione sferica;

Data: 15.04.2011

Redattore: POLITECNICO DI MILANO

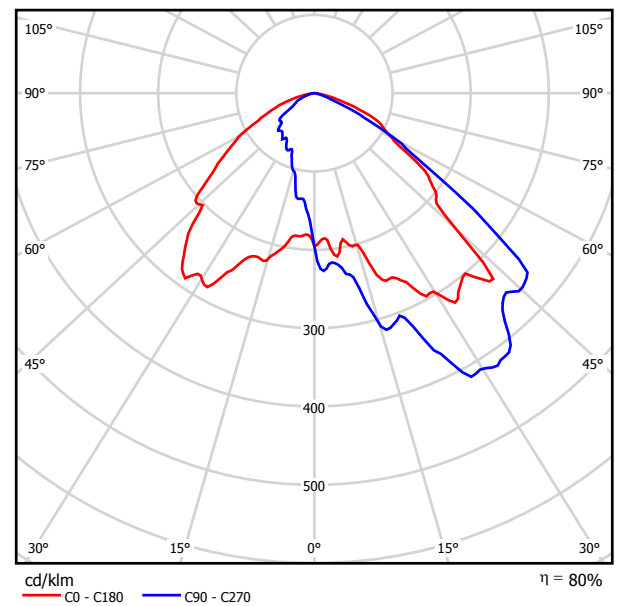
VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## OxyTech Srl LEDIL DTN+CREE XPG LEDIL DTN + COPPA / Scheda tecnica apparecchio

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.

Emissione luminosa 1:



Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 46 87 99 100 81

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

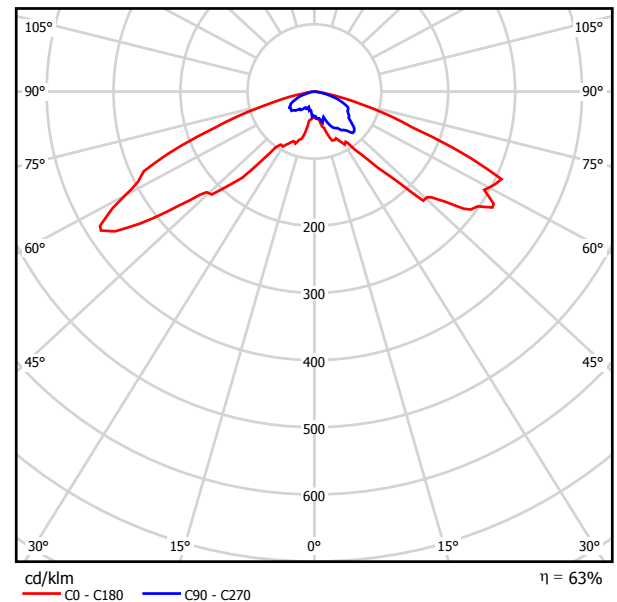
VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## OxyTech Srl LEDIL DTW LEDIL DTW+XPG + COPPA / Scheda tecnica apparecchio

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.

Emissione luminosa 1:



Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 19 64 97 100 63

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

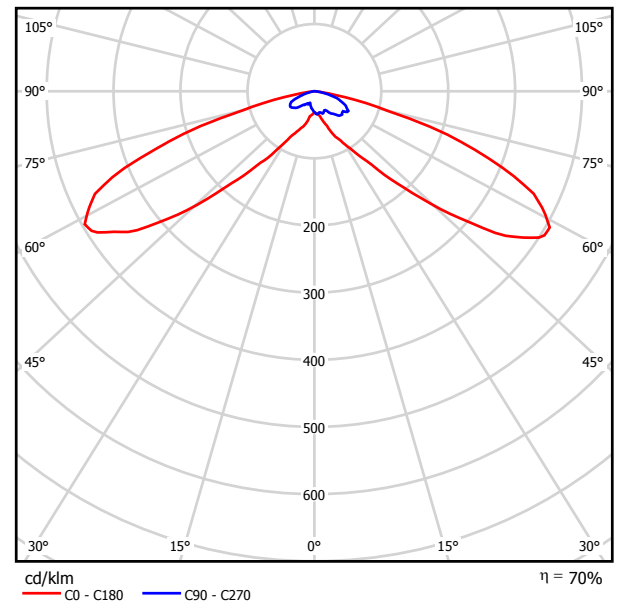
VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## Politecnico di Milano (TracePro) LEDIL TDW COPPA PIANA MODULO LEDIL TDW (CREE XPG) / Scheda tecnica apparecchio

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.

Emissione luminosa 1:



Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 14 58 96 100 70

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

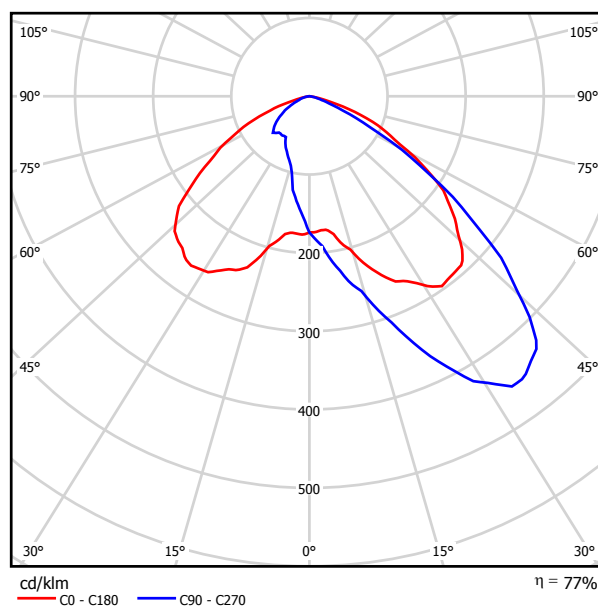
VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## Politecnico di Milano (TracePro) MODULO LEDIL TDN COPPA PIANA MODULO LEDIL TDN (CREE XPG) / Scheda tecnica apparecchio

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.

Emissione luminosa 1:



Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 48 88 99 100 78

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

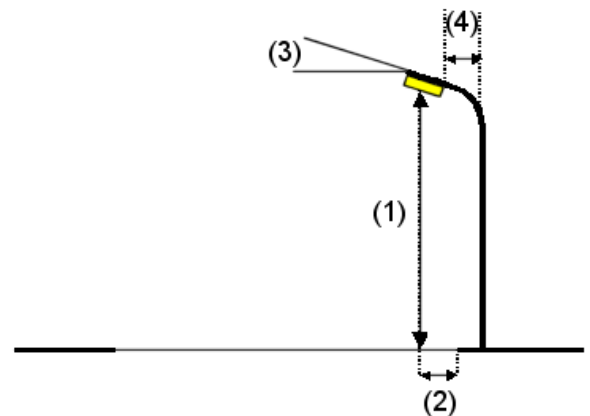
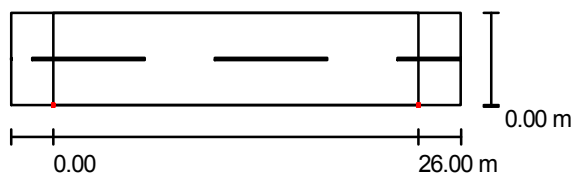
## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPASFERICA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 6.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



Lampada:	OxyTech Srl LEDIL DTW LEDIL DTW+XPG + COPPA
Flusso luminoso lampade:	5616 lm
Potenza lampade:	56.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	26.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

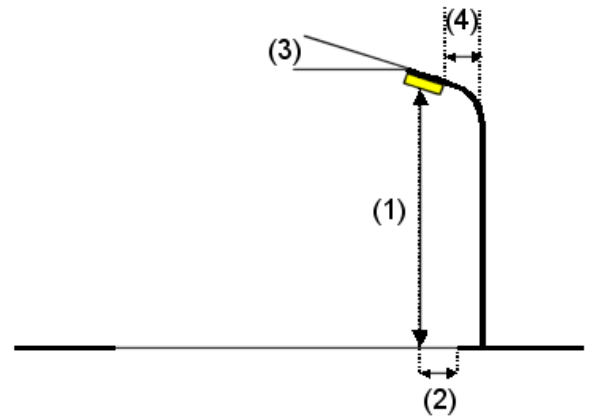
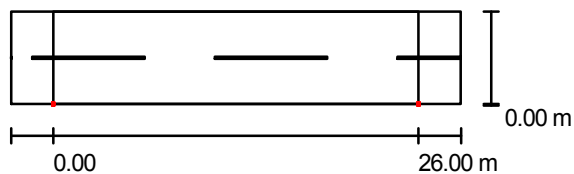


VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPASFERICA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	OxyTech Srl LEDIL DTN+CREE XPG LEDIL DTN + COPPA
Flusso luminoso lampade:	5616 lm
Potenza lampade:	56.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	26.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.510 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

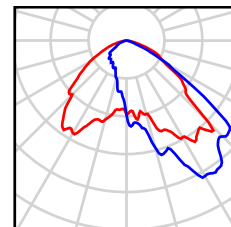
VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPASFERICA / Lista pezzi lampade

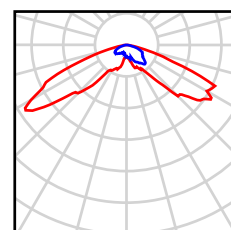
OxyTech Srl LEDIL DTN+CREE XPG LEDIL DTN + COPPA  
Articolo No.: LEDIL DTN+CREE XPG  
Flusso luminoso lampade: 1404 lm  
Potenza lampade: 14.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 46 87 99 100 81  
Dotazione: 1 x - (Fattore di correzione 1.000).

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.



OxyTech Srl LEDIL DTW LEDIL DTW+XPG + COPPA  
Articolo No.: LEDIL DTW  
Flusso luminoso lampade: 1404 lm  
Potenza lampade: 14.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 19 64 97 100 63  
Dotazione: 1 x - (Fattore di correzione 1.000).

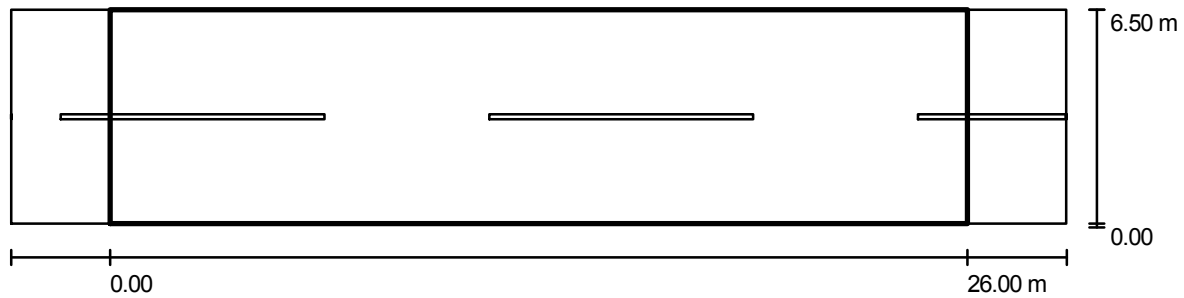
Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.



VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPASFERICA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:229

Reticolo: 10 x 5 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE4

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

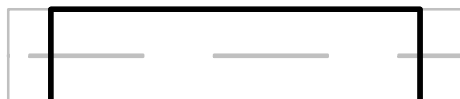
Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
11	0.4
$\geq 10$	$\geq 0.4$
✓	✓

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPASFERICA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>5.850</b>	11	11	9.94	6.67	4.73	4.63	6.37	8.55	11	11
<b>4.550</b>	16	17	12	7.61	5.17	5.27	7.46	10	13	15
<b>3.250</b>	18	18	13	8.36	5.27	5.12	7.32	12	16	18
<b>1.950</b>	<u>19</u>	15	12	7.32	4.68	4.58	7.15	12	15	15
<b>0.650</b>	13	15	11	6.44	<u>4.16</u>	4.20	6.15	10	15	14
<b>m</b>	<b>1.300</b>	<b>3.900</b>	<b>6.500</b>	<b>9.100</b>	<b>11.700</b>	<b>14.300</b>	<b>16.900</b>	<b>19.500</b>	<b>22.100</b>	<b>24.700</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 5 Punti

$E_m$  [lx]  
11

$E_{min}$  [lx]  
4.16

$E_{max}$  [lx]  
19

$E_{min} / E_m$   
0.396

$E_{min} / E_{max}$   
0.215

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

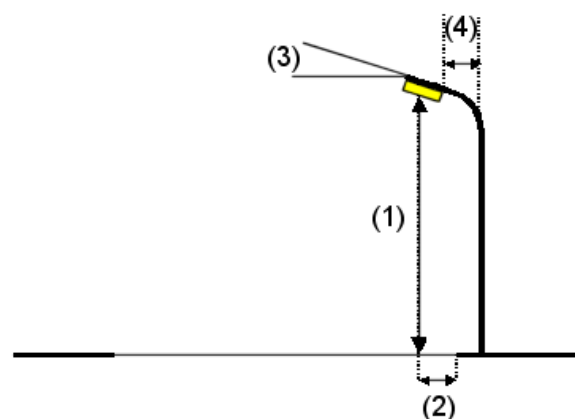
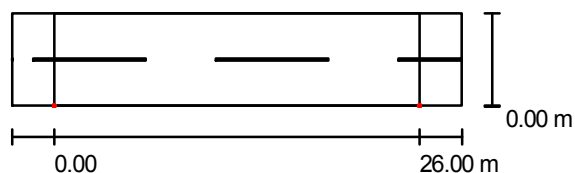
## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPAPIANA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 6.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



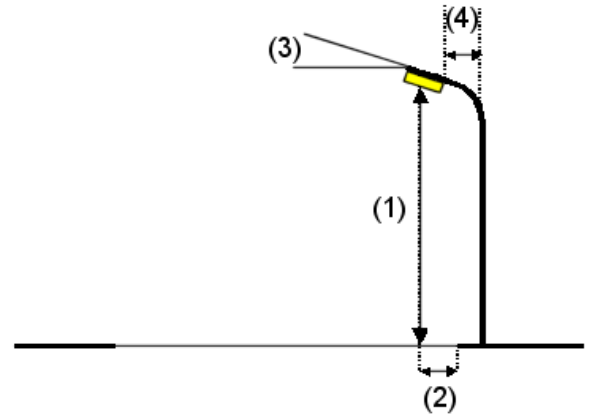
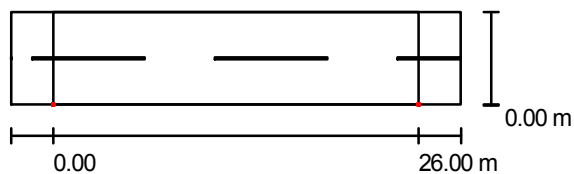
Lampada:	Politecnico di Milano (TracePro) MODULO LEDIL TDN COPPA PIANA MODULO LEDIL TDN (CREE XPG)
Flusso luminoso lampade:	5616 lm
Potenza lampade:	56.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	26.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.515 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPAPIANA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano (TracePro) LEDIL TDW COPPA PIANA MODULO LEDIL TDW (CREE XPG)
Flusso luminoso lampade:	5616 lm
Potenza lampade:	56.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	26.000 m
Altezza di montaggio (1):	6.515 m
Altezza fuochi:	6.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPAPIANA / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano (TracePro) LEDIL TDW  
COPPA PIANA MODULO LEDIL TDW (CREE  
XPG)

Articolo No.: LEDIL TDW COPPA PIANA

Flusso luminoso lampade: 1404 lm

Potenza lampade: 14.0 W

Classificazione lampade secondo CIE: 100

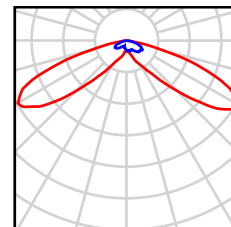
CIE Flux Code: 14 58 96 100 70

Dotazione: 1 x CREE

XPGWHT\_01\_0000\_00GC2 + LENTE LEDIL

TDW (Fattore di correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.



Politecnico di Milano (TracePro) MODULO LEDIL  
TDN COPPA PIANA MODULO LEDIL TDN  
(CREE XPG)

Articolo No.: MODULO LEDIL TDN COPPA  
PIANA

Flusso luminoso lampade: 1404 lm

Potenza lampade: 14.0 W

Classificazione lampade secondo CIE: 100

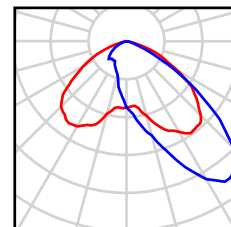
CIE Flux Code: 48 88 99 100 78

Dotazione: 1 x CREE

XPGWHT\_01\_0000\_00GC2 + LENTE LEDIL

TDN (Fattore di correzione 1.000).

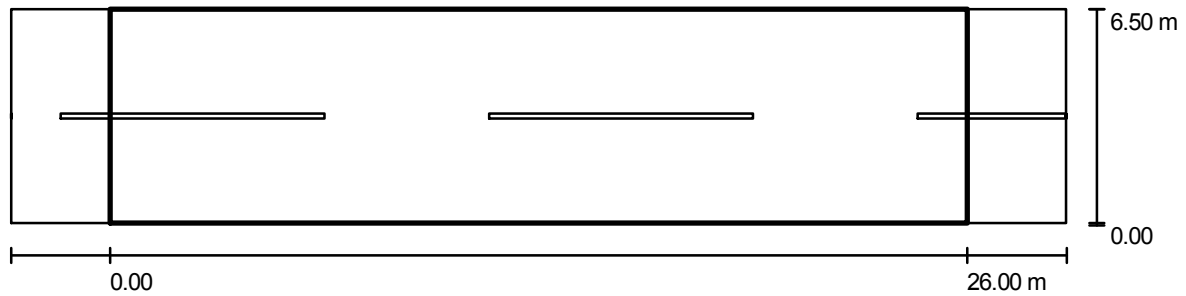
Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.



VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPAPIANA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:229

Reticolo: 10 x 5 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE4

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
10	0.5
$\geq 10$	$\geq 0.4$
✓	✓



VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 6.5 LEDIL\_COPPAPIANA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>5.850</b>	11	9.33	7.89	6.87	5.74	5.64	6.62	7.53	9.07	10
<b>4.550</b>	15	13	10	8.25	6.47	6.44	8.07	9.94	12	15
<b>3.250</b>	<u>16</u>	14	12	8.98	6.58	6.63	9.01	12	14	<u>16</u>
<b>1.950</b>	15	15	12	8.72	6.12	6.21	8.63	11	14	15
<b>0.650</b>	13	14	11	7.67	5.43	<u>5.35</u>	7.26	10	13	13
<b>m</b>	<b>1.300</b>	<b>3.900</b>	<b>6.500</b>	<b>9.100</b>	<b>11.700</b>	<b>14.300</b>	<b>16.900</b>	<b>19.500</b>	<b>22.100</b>	<b>24.700</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 5 Punti

$E_m$  [lx]  
10

$E_{min}$  [lx]  
5.35

$E_{max}$  [lx]  
16

$E_{min} / E_m$   
0.523

$E_{min} / E_{max}$   
0.326

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

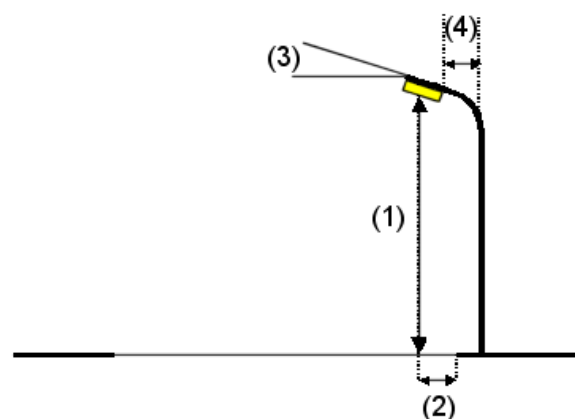
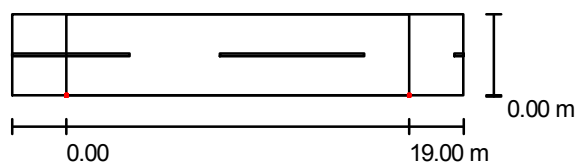
## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_PIANA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 4.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



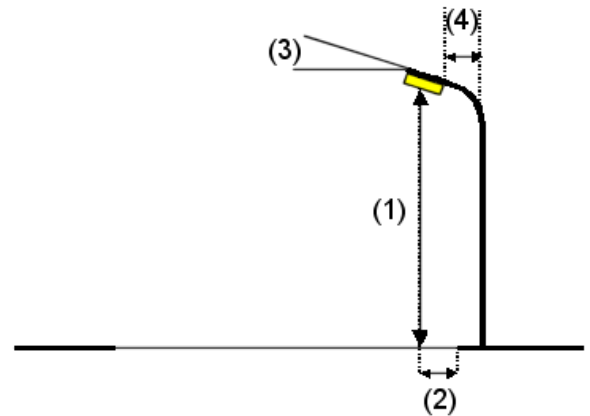
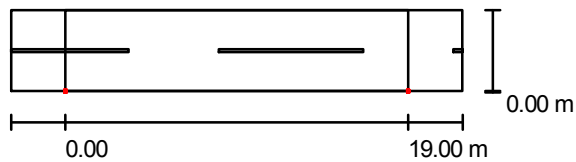
Lampada:	Politecnico di Milano (TracePro) MODULO LEDIL TDN COPPA PIANA MODULO LEDIL TDN (CREE XPG)
Flusso luminoso lampade:	2808 lm
Potenza lampade:	28.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	19.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.515 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_PIANA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	Politecnico di Milano (TracePro) LEDIL TDW COPPA PIANA MODULO LEDIL TDW (CREE XPG)
Flusso luminoso lampade:	2808 lm
Potenza lampade:	28.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	19.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.515 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_PIANA / Lista pezzi lampade

Politecnico di Milano (TracePro) LEDIL TDW  
COPPA PIANA MODULO LEDIL TDW (CREE  
XPG)

Articolo No.: LEDIL TDW COPPA PIANA

Flusso luminoso lampade: 1404 lm

Potenza lampade: 14.0 W

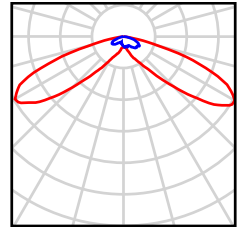
Classificazione lampade secondo CIE: 100

CIE Flux Code: 14 58 96 100 70

Dotazione: 1 x CREE

XPGWHT\_01\_0000\_00GC2 + LENTE LEDIL  
TDW (Fattore di correzione 1.000).

Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.



Politecnico di Milano (TracePro) MODULO LEDIL  
TDN COPPA PIANA MODULO LEDIL TDN  
(CREE XPG)

Articolo No.: MODULO LEDIL TDN COPPA  
PIANA

Flusso luminoso lampade: 1404 lm

Potenza lampade: 1.0 W

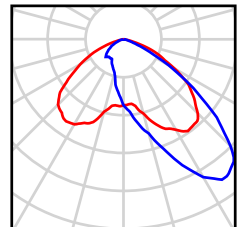
Classificazione lampade secondo CIE: 100

CIE Flux Code: 48 88 99 100 78

Dotazione: 1 x CREE

XPGWHT\_01\_0000\_00GC2 + LENTE LEDIL  
TDN (Fattore di correzione 1.000).

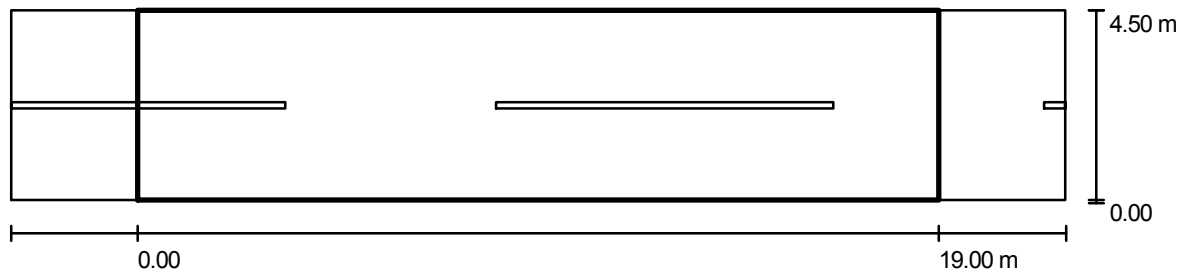
Per un'immagine della  
lampada consultare il  
nostro catalogo  
lampade.



VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_PIANA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:179

Reticolo: 10 x 3 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE5

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
10.1	0.5
$\geq 7.5$	$\geq 0.4$
✓	✓

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_PIANA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>3.750</b>	12	11	8.62	6.98	5.37	5.37	6.71	8.25	10	12
<b>2.250</b>	<u>17</u>	15	12	8.41	5.59	5.65	8.33	12	14	<u>17</u>
<b>0.750</b>	14	15	11	7.54	<u>4.92</u>	<u>4.92</u>	7.30	11	14	14
<b>m</b>	<b>0.950</b>	<b>2.850</b>	<b>4.750</b>	<b>6.650</b>	<b>8.550</b>	<b>10.450</b>	<b>12.350</b>	<b>14.250</b>	<b>16.150</b>	<b>18.050</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 3 Punti

$E_m$  [lx]  
10

$E_{min}$  [lx]  
4.92

$E_{max}$  [lx]  
17

$E_{min} / E_m$   
0.486

$E_{min} / E_{max}$   
0.288

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

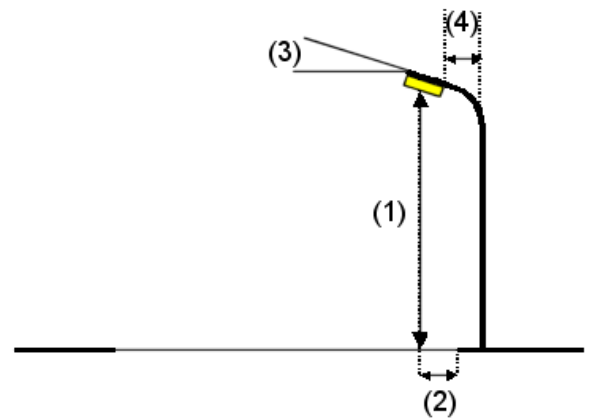
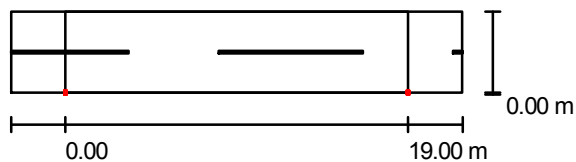
## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_SFERICA / Dati di pianificazione

### Profilo strada

Carreggiata 1 (Larghezza: 4.500 m, Numero corsie: 2, Manto stradale: C2, q0: 0.070)

Fattore di manutenzione: 0.80

### Disposizioni lampade



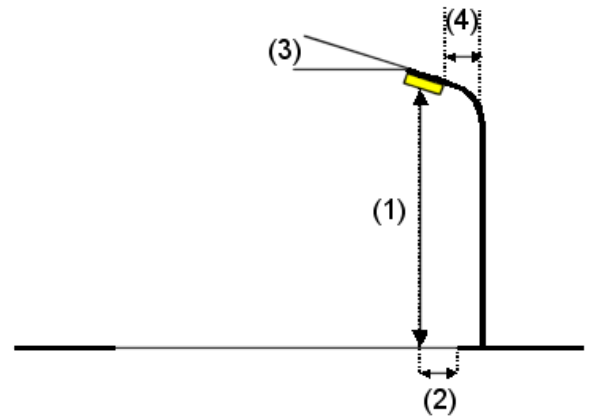
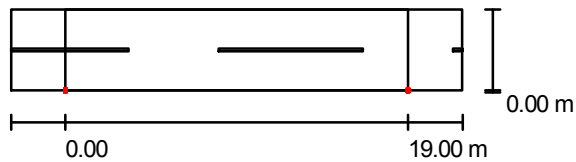
Lampada:	OxyTech Srl LEDIL DTW LEDIL DTW+XPG + COPPA
Flusso luminoso lampade:	2808 lm
Potenza lampade:	28.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	19.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_SFERICA / Dati di pianificazione

### Disposizioni lampade



Lampada:	OxyTech Srl LEDIL DTN+CREE XPG LEDIL DTN + COPPA
Flusso luminoso lampade:	2808 lm
Potenza lampade:	28.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	19.000 m
Altezza di montaggio (1):	4.510 m
Altezza fuochi:	4.500 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0 °
Lunghezza braccio (4):	0.000 m



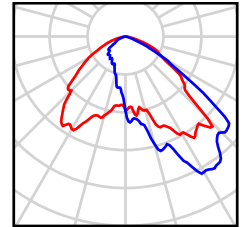
VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_SFERICA / Lista pezzi lampade

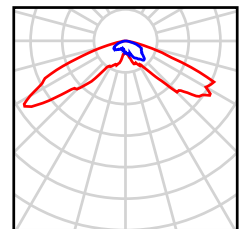
OxyTech Srl LEDIL DTN+CREE XPG LEDIL DTN + COPPA  
Articolo No.: LEDIL DTN+CREE XPG  
Flusso luminoso lampade: 1404 lm  
Potenza lampade: 14.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 46 87 99 100 81  
Dotazione: 1 x - (Fattore di correzione 1.000).

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.



OxyTech Srl LEDIL DTW LEDIL DTW+XPG + COPPA  
Articolo No.: LEDIL DTW  
Flusso luminoso lampade: 1404 lm  
Potenza lampade: 14.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 19 64 97 100 63  
Dotazione: 1 x - (Fattore di correzione 1.000).

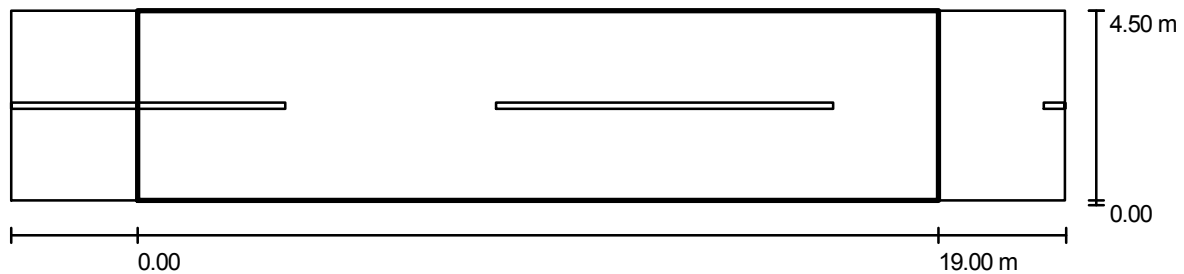
Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.



VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_SFERICA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:179

Reticolo: 10 x 3 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Classe di illuminazione selezionata: CE5

(Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

$E_m$ [lx]	U0
10.5	0.3
$\geq 7.5$	$\geq 0.4$
✓	✗

VIA DURANDO 10  
LABORATORIO LUCE  
VIA DURANDO 10  
20158 MILANO

Redattore POLITECNICO DI MILANO  
Telefono 02 2399 5697  
Fax  
e-Mail

## STRADA 4.5\_LEDIL\_COPPA\_SFERICA / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Tabella (E)



<b>3.750</b>	14	13	11	6.04	4.36	4.15	6.39	9.16	12	14
<b>2.250</b>	<u>19</u>	<u>19</u>	13	7.69	4.49	4.51	7.05	12	16	<u>19</u>
<b>0.750</b>	15	16	9.77	6.15	<u>3.64</u>	3.71	5.85	10	15	15
<b>m</b>	<b>0.950</b>	<b>2.850</b>	<b>4.750</b>	<b>6.650</b>	<b>8.550</b>	<b>10.450</b>	<b>12.350</b>	<b>14.250</b>	<b>16.150</b>	<b>18.050</b>

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 10 x 3 Punti

$E_m$  [lx]  
11

$E_{min}$  [lx]  
3.64

$E_{max}$  [lx]  
19

$E_{min} / E_m$   
0.346

$E_{min} / E_{max}$   
0.187