

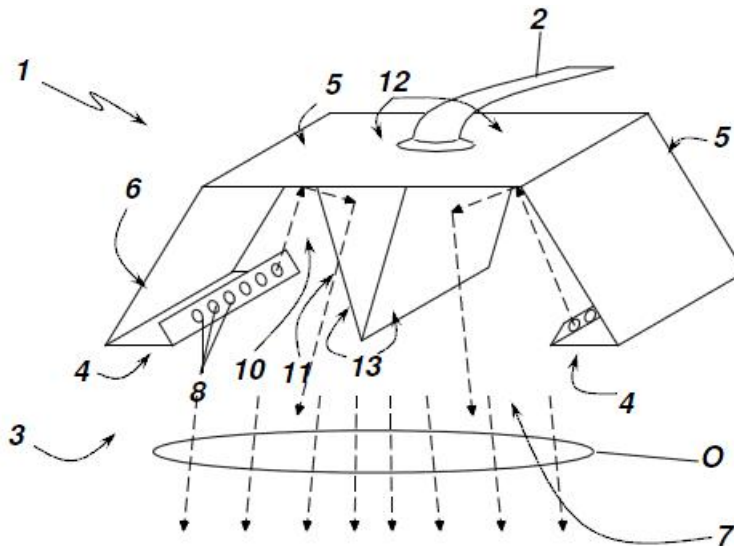


Alberto Gerli (ariannaed)

## OTTICA ASTRONOMICA PER L'ILLUMINAZIONE STRADALE

18 March 2013

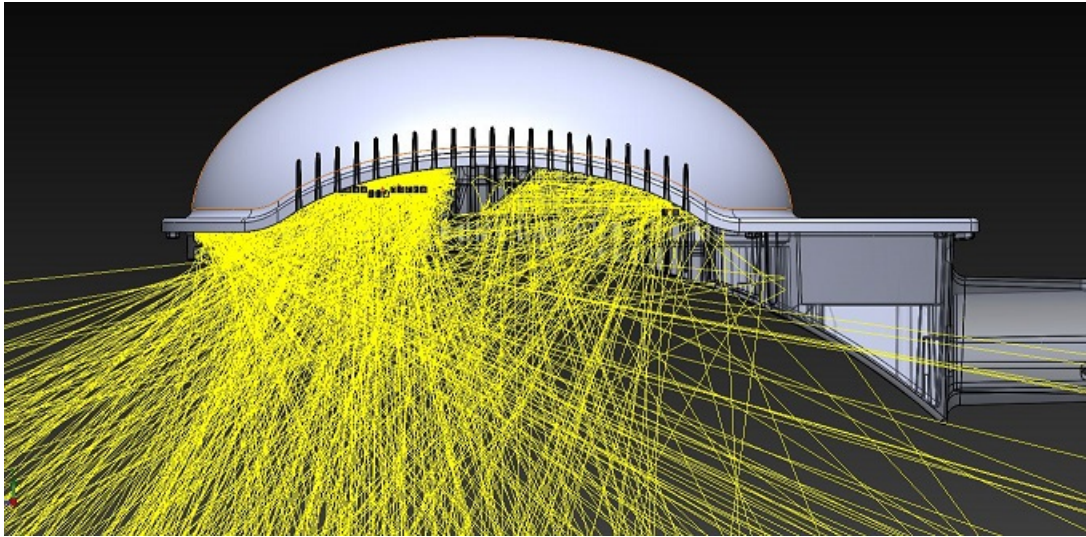
Il principale obiettivo di un progetto per l'illuminazione da esterni è la realizzazione di corpi illuminanti ad alta efficienza energetica con ridotti impatti ambientali. Da precedenti studi effettuati nell'ambito delle lampadine a LED da interni (confrontate con lampadine ad incandescenza e a basso consumo), è emerso come i consumi energetici sono da imputarsi almeno al 95% all'utilizzo del prodotto e al 5% su produzione e smaltimento dello stesso. L'obiettivo è quindi di focalizzarsi in prima istanza sui consumi durante il ciclo di vita e quindi sull'efficienza ottica dei prodotti realizzati. Partendo pertanto da un flusso luminoso inferiore, dato da consumi sensibilmente inferiori, è necessario utilizzarlo al meglio per illuminare il target (comunemente la strada) e solo il target.



1.jpg

Partendo da questi driver, Arianna S.p.A. ha brevettato il principio della Riflessione Totale, che rivendica l'invenzione di tutti i dispositivi ottici a LED per l'illuminazione da esterni in cui l'emissione FWHM non è rivolta direttamente verso la strada ma verso una calotta di riflessione: nella sua applicazione deflettiva, adatta per l'illuminazione stradale, la calotta ha il compito di raccogliere l'emissione totale

luminosa del LED e di proiettarla attraverso un deflettore su strada ad elevata efficienza ed efficacia.



2.jpg

Per una comparazione ottimale è necessario andare a studiare tutte le perdite di efficienza e di efficacia che un lampione stradale ha (a LED e non a LED) per dimostrare come si riesca partendo da un flusso nominale (e da consumi) sensibilmente inferiori ad illuminare con gli stessi valori una strada. Innanzitutto vanno suddivise le perdite di efficienza (tutto ciò che viene perso all'interno del lampione, per tale motivo le chiameremo "perdite endogene") e quelle di efficacia (tutto quello che viene perso o sprecato all'esterno del lampione).

### **Perdite endogene**

- 1. Il flusso nominale dei LED è per una temperatura di giunzione di 25°C e per una corrente di pilotaggio di 350 mA. Le prime perdite di efficienza sono quindi date dall'aumento della temperatura di giunzione (che raggiunge dai 70°C ai 100°C in un sistema correttamente dissipato) e dal sovra pilotaggio dei LED. Utilizzando il principio della riflessione totale c'è il vantaggio che i LED possono essere disposti lateralmente a diretto contatto con il dissipatore, con la possibilità di dissipare per convezione oltre che per conduzione. Nell'applicazione che abbiamo sviluppato per l'illuminazione stradale sono utilizzati LED CREE XP-G a 0,6A a 75°C di temperatura di giunzione che sviluppano 201 lumen con un consumo di 1,83W ed un'efficienza di 110 lm/W, quindi con una perdita, rispetto ai 132,4 lm/W a 350 mA e 25°C di temperatura di giunzione del 16,9%.
- 2. Il flusso reale del LED è il flusso luminoso di partenza del lampione. Il corpo illuminante però, per raggiungere i requisiti richiesti dalle norme,

introduce delle perdite di efficienza. Nel caso della riflessione totale le perdite sono dovute al fatto che le superfici riflettenti assorbono una percentuale della luce incidente. Ad ogni rimbalzo c'è quindi una perdita di efficienza dell'8% circa. Aumentando il numero di rimbalzi, aumentano esponenzialmente le perdite. Nel caso della nostra calotta, avendo studiato ed ottimizzato la calotta per avere al più due rimbalzi, abbiamo una efficienza del 88%, quindi con un'ulteriore perdita del 12%.

- 3. Le perdite ottiche della calotta di riflessione non sono le uniche perdite ottiche endogene. Alcuni dei raggi rimbalzano contro la meccanica del lampione (supporto del vetro frontale, le PCB stesse, etc.): queste perdite ammontano circa al 2,5% del flusso luminoso totale.
- 4. Nel nostro sistema, per garantire una durata dell'efficienza nel tempo, chiudiamo il lampione con un vetro frontale. Per diminuire le perdite di assorbimento del vetro, utilizziamo un vetro ottico laminato ad elevata trasparenza, con perdite effettive misurate in laboratorio del 3,5%.
- 5. In questa applicazione, siamo quindi partiti con un flusso nominale di  $139\text{lm} \times 40 \text{ led} \times (0,6\text{A}/0,35\text{A}) = 9531 \text{ lm}$  e siamo arrivati ad un flusso uscente dalla lampada di 6558 lm per un'efficienza del lampione (considerando un'elettronica con rendimento del 91%) di 81,6 lm/W. Un recente studio condotto negli Stati Uniti dal NLRIP (National Lighting Product Information Program) dal titolo "Streetlights for Collector Road" mostra i valori di efficienza di alcuni lampioni a sodio ad alta pressione da 150 W, con valori massimo di efficienza di 69,8 lm/W. Il lampione da 150W ad alta pressione che stiamo confrontando ha un flusso uscente di circa 11500 lm (il 75% in più) con un'efficienza (considerando un'elettronica con rendimento del 87,5%) di 67,1 lm/W.



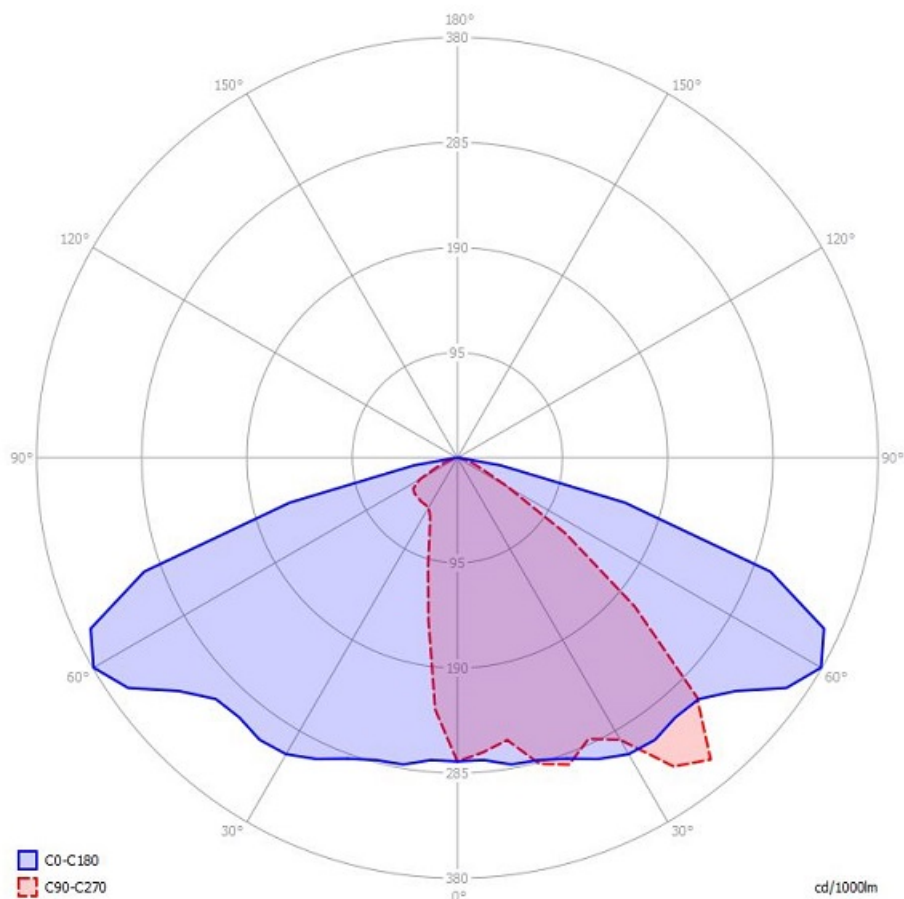
3.jpg

Prima parte della strada illuminata con Deflecto a 32 LED (64W di consumo totale), seconda parte con Vapori di Mercurio a 125W (più alimentatore).

## Perdite esogene

Nell'analisi precedente abbiamo visto che, nonostante l'utilizzo della migliore componentistica, dei LED più efficienti sul mercato, di un'ottica studiata per minimizzare il numero dei rimbalzi interni e conseguentemente ad alta efficienza, non c'è una grande differenza di efficienza. Il grande beneficio che si può avere con i LED, ed in particolar modo direzionando correttamente il flusso luminoso con la riflessione totale, è dato dall'efficacia del lampione, cioè di quanta luce intercetta correttamente il manto stradale e di come la intercetta. Andiamo a distinguere i vari parametri:

- 1. Il primo parametro che interessa è quanta flusso luminoso vada ad intercettare correttamente la strada, quello che viene chiamato "Downward Street Side Lumens".



*Nuova calotta.JPG*

Nel caso del nostro lampione sono 4342 i lumen utili, con un'efficacia del 66,2% e un valore di LSAE di 54 lm/W, valore circa doppio rispetto ad altre soluzioni a LED o a sodio ad alta pressione. Questo grazie alla migliore possibilità di direzionare la luce senza perdite di luce nell'asse 90°-270° per intervalli esterni al range -10°/45°.

- 2. Il secondo parametro interessante è la distribuzione della luce nelle due corsie. Il flusso intercettato dalla prima corsia è di 1667 lumen e quello sulla seconda corsia è di 1872 lumen mentre sono 803 i lumen che intercettano i marciapiedi. In questa maniera (con maggiore flusso nella seconda corsia rispetto alla prima) si riesce a distribuire in maniera più uniforme la luce.
- 3. Il terzo parametro è la presenza di picchi di flusso luminoso sul manto stradale. Grazie ad un profilo molto aperto, con il flusso luminoso che aumenta all'aumentare del valore angolare, si riesce ad avere una distribuzione di luce più uniforme, come si può apprezzare nella distribuzione 8m altezza palo / 30m interasse sottostante:

<b>6.417</b>	9.12	9.25	9.08	8.73	8.55	8.55	8.76	9.05	9.20	9.14
<b>5.250</b>	12	11	10	9.60	9.15	9.14	9.57	10	11	12
<b>4.083</b>	14	13	11	9.97	9.36	9.35	9.93	11	13	13
<b>2.917</b>	13	13	11	9.65	9.02	9.03	9.59	11	12	13
<b>1.750</b>	11	11	9.50	8.55	8.14	8.15	8.45	9.24	10	10
<b>0.583</b>	7.17	7.59	7.22	6.91	6.83	6.81	<u>6.79</u>	7.00	7.40	7.14
<b>m</b>	<b>1.500</b>	<b>4.500</b>	<b>7.500</b>	<b>10.500</b>	<b>13.500</b>	<b>16.500</b>	<b>19.500</b>	<b>22.500</b>	<b>25.500</b>	<b>28.500</b>

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

Reticolo: 10 x 6 Punti

$E_m$  [lx]  
9.71

$E_{min}$  [lx]  
6.79

$E_{max}$  [lx]  
14

$E_{min} / E_m$   
0.699

$E_m$

5.jpg

Grazie alla riflessione totale si riescono quindi a superare le sfide dell'illuminazione stradale: efficienza (valori maggiori di circa il 20%), efficacia (valori sensibilmente maggiori), abbagliamento (i LED non sono in vista e quindi aumenta anche la sicurezza fotobiologica) e affidabilità (a pari luce, grazie alla combinazione delle migliori efficienza ed efficacia, si possono utilizzare meno LED e quindi diventa minore il calore da smaltire). Quindi più cost-efficienza per un futuro più luminoso.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Ariannaled:ottica-astronomica-per-l-illuminazione-stradale>"