

LA SCELTA DI UN PARAMETRO DI OTTIMIZZAZIONE DELLA LUCE ANCHE DAL PUNTO DI VISTA ENERGETICO

23 Marzo 2009 - Diego Bonata

Con la presente si vuole riassumere quanto fatto per cercare di trovare una valida soluzione applicabile ad aspetti energetici in sostituzione del famoso rapporto interdistanza altezza minimo di 3.7 ma che sia applicabile a tutti gli impianti.

Questo studio è stato sicuramente un valido strumento di crescita e di maturazione di una nuova coscienza illuminotecnica per i fondatori di Light-is. In particolare è possibile anticipare alcune considerazioni riassuntive:

- Si è imparato a considerare l'illuminazione non come una equazione matematica dove sono buoni solo gli impianti che superano certi valori e pessimi altri, ma come una valutazione di molti fattori, di cui il contenimento dell'inquinamento luminoso ed il risparmio energetico sono solo 2 elementi di un quadro molto complesso,
- Si sono anche ricevute delle conferme, e sicuramente la principale è proprio il 3.7 o rapporto interdistanza altezza superiore a 3.7 quale elemento ancor più attuale per valutare l'efficienza anche energetica di un impianto più di altri parametri. Vedremo perché.

Alla fine verrà sottoposta un'alternativa plausibile al 3.7 che è certamente una sua complicazione, ma che potrà essere un passo avanti più consapevole verso una reale efficienza degli impianti, che non sia raggiungibile con semplici trucchetti. Non è però possibile nascondere, anche in funzione delle precedenti considerazioni, che non si è trovato un numero magico e probabilmente non esiste un numero magico per tutto (come la speranza porterebbe a cercare).

Ringraziamenti:

ing. Matteo Persico, dott. Fabio Falchi, ing. Pietro Palladino

Suddivisione degli impianti nelle seguenti categorie i progetti:

PERCORSI: Pedonale, ciclo-pedonale, centri storici, strade di qualsiasi tipo

AREE: Piazze, parcheggi, giardini, grandi aree, etc...

ROTATORIE E INCROCI

Documentazione oggetto della valutazione:

STRADALE

1- circa 1.280.000 progetti conformi alle norme tecniche di settore metà circa con apparecchi con vetro curvo e metà con vetro piano con 3 tipologie e marche di apparecchi di apparecchi che in questo caso non renderemo noti per ovi motivi.

2- Circa 3.000.000 di progetti illuminotecnici stradali con apparecchi a vetro piano in progetti conformi alle norme. Gli apparecchi sono stati circa una quarantina, da quelli di bassa efficienza ai migliori in commercio.

- Le potenze considerate in entrambe le situazioni erano: 50,70,100,150,250
- Le categorie andavano da 0.5cd/m² sino a 1.5cd/m²
- Le larghezze delle carreggiate andavano da 6 a 10-12 m

PEDONALE, CICLO PEDONALE, E PERCORSI

Valutazioni simili sono state fatte su 50 progetti illuminotecnici.

AREE, PIAZZE, PARCHEGGI

Anche in questo caso le valutazioni sono state condotte su 50 progetti illuminotecnici realizzati in particolare con apparecchi di vario tipo stradale per parcheggi e pedonali anche rotosimmetrici.

ROTATORIE: Valutazioni condotte su circa 40 progetti.

PARAMETRO DI RIFERIMENTO

Verifichiamo pregi e difetti dei vari parametri di efficienza energetica utilizzati o impiegabili illustrando in modo sintetizzeremo e semplice.

Indichiamo con:

W = Potenza nominale della lampada senza perdite. Perché è molto più semplice da trattare e non è a libero arbitrio come possono essere delle perdite che non hanno un valore fisso

Parametro 1: W/m

Parametro impiegabile SOLO in ambito dove sono definiti dei percorsi ma non permette di fare confronti diretti fra pedonali e strade. Inoltre imporrebbe di definire una tabella di valori massimi in funzione delle infinite situazioni di studio.

Parametro 2: W/m²

Parametro migliore perché normalizza tutti i percorsi permettendo di paragonare strade e percorsi pedonali di larghezza diversa a parità di potenza e di classe. Questo però rimane anche uno dei principali problemi all'utilizzo di tale parametro poiché dovremmo definire tanti valori quante le classi illuminotecniche (ME, S, CE circa quindi 17).

Parametro 3: kWh anno/m²

Questo proposto anche in provincia di Trento, nella versione che seguirà poi, a prima vista risolve i problemi dei precedenti parametri ma è estremamente "labile" e si pone come un rischio nella legalizzazione di impianti inefficienti e talvolta pessimi camuffati come efficienti. Usare i kWh sarebbe una buona scelta se non il fatto che i kWh annui sono un valore non fisso e non legato all'impianto ma alle condizioni di utilizzo.

Facciamo alcuni esempi per comprendere meglio il problema:

- un impianto pessimo che viene utilizzato 2000 ore l'anno ha un parametro kWh/m² inferiore del miglior impianto che funziona 4200 ore l'anno e quindi fissato un valore massimo per tale parametro tutti gli impianti pessimi che funzionano meno ore di impianti standard vi rientrano. E' quasi come dare un bonus all'uso di impianti pessimi se vengono accesi per meno ore, anche il messaggio è piuttosto discutibile.
- Un impianto pessimo con regolatore di flusso, fissato un parametro massimo, rientrerà in tale limite esattamente come un ottimo impianto senza riduttore di flusso. Premesso che il riduttore dovrebbe essere sempre installato salvo casi specifici e limitati, è evidente che anche in questo caso la riduzione "non quantificabile" in fase di progetto o peggio ancora lasciata in balia di numeri arbitrari e non verificabili rischierebbe a sua volta di agevolare anche la realizzazione e autorizzazione di impianti pessimi purché ridotti.

Parametro 4: kWh anno x 100 / (m² x lx)

Questa è l'evoluzione del parametro precedente con gli stessi difetti però con un'innovazione interessante. Tutti i dati sono normalizzati a 100lx e divisi per i lux medi previsti nel progetto sull'impianto.

Non ci soffermiamo poiché i difetti di prima rimangono e pesano notevolmente sulla scelta di un parametro di codesto tipo, però ci danno lo spunto per introdurre il successivo parametro.

Parametro 5: Fqi= Pnp/(S x Lm)

Dove:

S = Superficie di progetto (per intenderci la zona di studio secondo UNI11248) espressa in metri quadrati

Pnp = Potenza nominale totale delle sorgenti previste espressa in W comprensiva delle perdite di carico degli ausiliari

Lm = Luminanza media mantenuta del progetto espressa in cd/m²

Questa una versione diversa del precedente parametro che cerca di porre rimedio ai difetti dei parametri 3 e 4. Nel software Easy light - Save the Sky era anche chiamato Fqi ma espresso in termini di luminanze e solo in ambito stradale e definito come fattore di qualità illuminotecnica, analogamente Gilette (Thorn e resp. Commissione CIE sull'Obstrusive light) lo chiama nei suoi scritti tecnici Efficienza fotometrica dell'apparecchio ma tutto sommato dicono la stessa cosa.

In questo parametro il concetto espresso è la normalizzazione della luminanza di progetto. Questa normalizzazione 'permette' in linea teorica di confrontare apparecchi diversi, che insistono su percorsi di dimensioni diverse, con potenze diverse e per qualsiasi classificazione. Se funzionasse, veramente, si potrebbe trovare un numero che fa da spartitraffico fra impianti buoni e impianti pessimi.

Difetto: Purtroppo funziona solo per percorsi progettati con le luminanze (strade di classe ME) e poi vedremo che anche in quel caso ci sono alcuni ulteriori difetti.

La sua evoluzione scontata è quella che segue.

Parametro 6: $F_{qi} = P_n \times 100 / (S \times E_m)$

Dove:

S = Superficie di progetto (per intenderci la zona di studio secondo UNI11248)

Pnp = Potenza nominale totale delle sorgenti previste espressa in W comprensiva delle perdite di carico degli ausiliari

Em = Illuminamento medio del progetto

Questa soluzione sopperisce ai difetti della precedente parametro 5 in quanto:

- Riferisce il fattore di qualità a 100 lx e lo divide per i lx medi mantenuti che agiscono sulla superficie

- E' applicabile in teoria a TUTTE le superfici semplicemente assegnando per la luminanza un fattore di conversione 1cd/m²=15 lx oppure utilizzando gli Em (illuminamenti medi mantenuti) calcolati nel progetto stradale.

Difetto: In realtà ci sono ancora dei difetti piuttosto inquietanti, infatti, seppure sembri la soluzione giusta e migliore quella l'idea di dividere per gli illuminamenti medi di progetto in realtà racchiude un problema, all'aumentare degli illuminamenti medi il parametro si abbassa, e se definisco un valore massimo per tale parametro, è evidente che è come se si promuovesse l'incremento dei consumi e dell'illuminazione (il contrario di quello che si vuole fare). Sebbene questo possa sembrare riuscito a taluni, va completamente contro gli obiettivi di Light-is e del contenimento dei consumi energetici.

Parametro 7: $F_{qi} = P_n \times 100 / (S \times E_m)$

Dove:

Pnp = Potenza nominale totale delle sorgenti previste espressa in W

Potevamo includere questo parametro nel precedente ma volevamo mettere in evidenza una cosa già in parte detta.

Utilizzare la potenza comprensiva di ausiliari è sicuramente più giusto ma ha introduce i seguenti elementi di discussione:

- introduce una variabile di non facile controllo, facilmente manipolabile e contestabile,
- in effetti introduce una approssimazione in favore del dispendio energetico ponendo sullo stesso piano ausiliari efficienti e inefficienti, ma è evidente come la qualità di un impianto dipenda solo in parte da questo ed il peso sul parametro complessivamente va dal 6 all'8% massimo ben al di sotto degli altri parametri di influenza sulla qualità dell'impianto.

Esattamente come il parametro 6 introduce un rischio di favorire impianti sovradimensionati è quindi necessario lavorare su questa cosa per eliminare anche in questo caso gli effetti negativi della scelta arbitraria di un parametro per misurare l'efficienza degli impianti.

Parametro 8: $R_f = P_n \times 100 / (S \times Cl)$

Cl = Classe di progetto espressa in lx

In questa ultima versione l'Em di progetto viene sostituito con il valore degli illuminamenti della classe illuminotecnica di progetto (S, CE oppure ME applicando il fattore di conversione $15lx=1cd/m^2$).

In questo modo si ottiene l'obiettivo dell'associazione di fare in modo che la gente non incrementi le potenze installate oltre misura e che anzi faccia il massimo per progettare con illuminamenti e luminanze minime previste dalle norme.

Oltretutto la scelta di Cl al denominatore, è conservativa perché pur avvicinandomi il più possibile con il mio progetto a Cl difficilmente potrò progettare a valori in lx uguali a quelli della classe di progetto e quindi Rf con Cl sarà sempre inferiore a un Rf qualsiasi.

Un altro vantaggio di questo parametro a nostro avviso è l'estrema semplicità e chiarezza:

- 1- La superficie di progetto deve essere evidentemente nota altrimenti è incomprendibile come si possa fare il progetto,
- 2- La potenza delle sorgenti scelte nel progetto ed il numero di sorgenti è palesemente definito,
- 3- La dichiarazione della classe di progetto all'interno del progetto medesimo da parte del progettista a seguito dell'analisi dei rischi, è la prima richiesta delle norme di riferimento (UNI11248 e EN13201).

In via del tutto teorica questo è il parametro migliore di efficienza utilizzabile e se si trovasse un numero di riferimento potremmo anche eliminare 3 dei 5 parametri fondamentali della Carta Etica della Luce di Light-is:

- efficienza delle lampade,
- ottimizzazione,
- luminanza e illuminamento minimo

perché racchiusi in questo stesso parametro. Purtroppo la realtà è diversa ma è veramente un passo avanti, nel tentativo, di trovare **un parametro unico che dica quanto un impianto è efficiente e quanto questo impianto è progettato bene.**

RICERCA DEL NUMERO PERFETTO

L'analisi è iniziata verificando decine di migliaia di progetti stradali che apparivano apparentemente più facili da studiare, ma senza trovare un risultato univoco e con molti dubbi al seguito.

Un aiuto "illuminante" è stato fornito dal seguente ragionamento puramente matematico che riporto di seguito:

Partendo dal metodo del flusso totale che si usa per l'illuminazione d'interni:

$$\text{flusso totale} = (E \text{ medio} * \text{superficie}) / (\text{fattore di utilizzazione} * \text{fattore di decadimento})$$

noto che per una sorgente luminosa:

$$\text{flusso emesso} = \text{potenza} * \text{efficienza}$$

poiché consideriamo un tratto di strada compreso tra due apparecchi possiamo eguagliare le due precedenti:

$$(E \text{ medio} * \text{superficie}) / (\text{fattore di utilizzazione} * \text{fattore di decadimento}) = \text{potenza} * \text{efficienza}$$

rielaborando si ottiene:

$$\text{potenza} / (E \text{ medio} * \text{superficie}) = 1 / (\text{fattore di utilizzazione} * \text{fattore di decadimento} * \text{efficienza})$$

per comodità moltiplico entrambi i termini per 100:

$$100 * \text{potenza} / (\text{illuminamento medio} * \text{superficie}) = 100 / (\text{fattore di utilizzazione} * \text{fattore di decadimento} * \text{efficienza})$$

il primo termine è quello che abbiamo chiamato R_f

il secondo termine possiamo calcolarlo a priori facendo dei ragionamenti e considerazioni:

Proviamo ad imporre dei valori accettabili e coerenti con la Carta etica di Light-is e con dei valori minimi di efficienza di sorgenti, apparecchi e impianti. Imponiamo:

$$\text{fattore di utilizzazione} = 0.4$$

$$\text{fattore di decadimento} = 0.8 * 0.8 \quad (0.8 \text{ per la lampada e } 0.8 \text{ per l'apparecchio})$$

$$\text{efficienza sorgente luminosa} = 90 \text{ lm/W} \quad (\text{efficienza ritenuta minima accettabile})$$

Si ottiene: $R_f = 4.34$

e arrotondato: $R_f = 4.5$

4.5 potrebbe essere il numero magico ed il massimo valore di R_f che si può ritenere accettabile.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

- l'adozione di questo parametro potrebbe rendere superflue le prescrizioni sull'efficienza delle lampade, infatti il dato è già compreso nella costante 4.5. Lampade meno efficienti possono essere utilizzate solo se all'aumento di potenza corrisponde un aumento di superficie illuminata, in altre parole tollero la minore efficienza della sorgente se questa viene installata in un apparecchio molto efficiente.

- Si è adottato un fattore di utilizzazione relativamente basso per "salvare" le soluzioni con lampade

da 70W che appaiono solo apparentemente un po' in affanno rispetto a lampade leggermente più potenti.

- le valutazioni hanno mostrato che almeno a prima vista le lampade SAP da 100 W sono quelle che si comportano normalmente meglio nella maggior parte degli impianti stradali più comuni.

IL NUMERO PERFETTO ALLA PROVA DEI FATTI

Definito un numero è necessario capire se è rappresentativo in termini di efficienza energetica e di efficacia di un impianto. Risparmiamo ai lettori le lunghe discussioni e le notti insonni passate sui dati e ci limitiamo a riportare le conclusioni con le principali considerazioni.

Innanzitutto anticipiamo la risposta ed in particolare che dopo attente verifiche su migliaia (anzi milioni di progetti) il valore massimo di R_f pari a 4.5 può effettivamente essere usato come spartitraffico di qualità ed efficienza illuminotecnica di un impianto bisogna però capire se è efficace in tutte le condizioni.

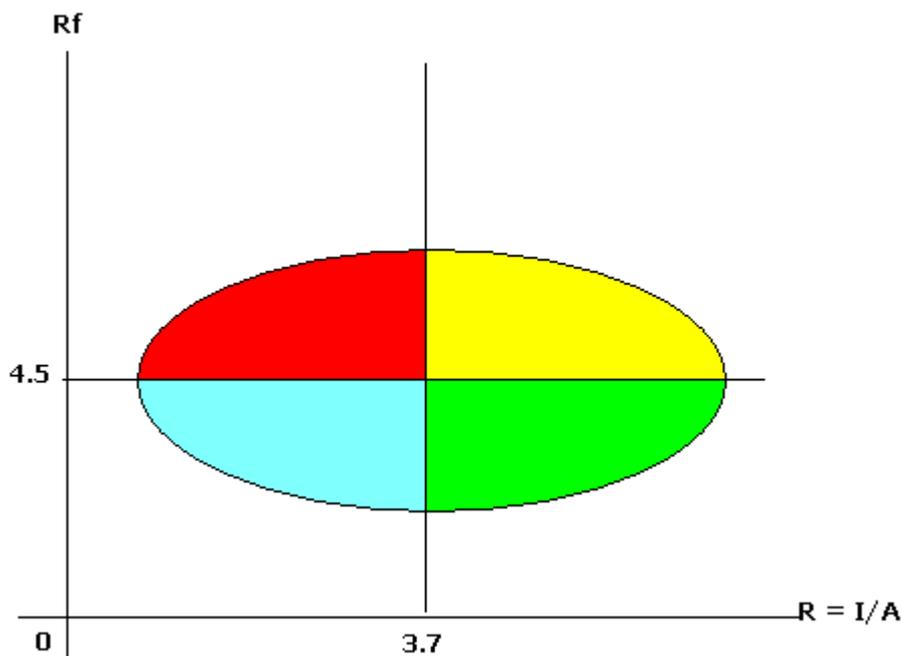
Per far questo è necessario rispondere ad alcune domande subito e ad altre che seguiranno.

1- Può $R_f \leq 4.5$ sostituire il $I/A \geq 3.7$?

2- Passando da $I/A \geq 3.7$ a $R_f \leq 4.5$ cosa si guadagna e cosa si perde?

Si poteva ciecamente passare dal vecchio al nuovo parametro, ma è possibile dire che si sarebbe fatto un errore grossolano ed imperdonabile. Procediamo per ordine.

Riportiamo in grafico per esempio le soluzioni ammissibili in ambito stradale, di un apparecchio medio. I risultati che illustreremo ovviamente sono medi e una schematizzazione per aiutare nella comprensione. Normalmente si vedrà una distribuzione di questo tipo:



- Indichiamo sull'asse delle ascisse il rapporto interdistanza altezza,

- Indichiamo sull'asse delle ordinate il parametro R_f ,

Consideriamo l'ellisse come l'insieme di tutte le soluzioni ammissibili di progetto. Tale ellisse sarà più spostata a S_x , a d_x , in alto o verso il basso a seconda dell'apparecchio, sarà più estesa o più piccola a seconda di quante soluzioni ammissibili ha un certo apparecchio.

Considerando per semplicità comunque l'ellisse centrata sull'incrocio dei due assi che rappresentano $R_f=4.5$ e $R=I/A=3.7$

Ne consegue che viene diviso in 4 quadranti:

- $I/A > 3.7$ e $R_f < 4.5$ (quadrante verde): Queste soluzioni sono conformi sia al parametro 3.7 che a quello di R_f max 4.5. Come si vede solo $\frac{1}{4}$ delle soluzioni sono conformi ad entrambi i parametri.
- $I/A < 3.7$ e $R_f > 4.5$ (quadrante rosso): Queste soluzioni non sono conformi a nessuno dei due parametri
- $I/A > 3.7$ e $R_f > 4.5$ (quadrante giallo): soluzioni solo conformi a $I/A > 3.7$
- $I/A < 3.7$ e $R_f < 4.5$ (quadrante azzurro): soluzioni solo conformi a $R_f < 4.5$

Questo grafico da già numerosi spunti di osservazione:

- se si utilizza solo R_f che è un parametro di efficienza energetica che più è basso più l'impianto è efficiente, considerando le sole soluzioni con $R_f < 4.5$, solo la metà delle soluzioni coincide con le soluzioni del parametro $R = I/A$ e viceversa un'altra metà delle soluzioni non coincide con le soluzioni con $E = I/A > 3.7$.
- Lo stesso succede se considero $I/A > 3.7$ come parametro guida (che punta solo sulla massimizzazione di tale rapporto e non 'direttamente' sul risparmio energetico), solo la metà delle soluzioni sono condivise con R_f (e sono di risparmio anche energetico) mentre una metà delle soluzioni non sono particolarmente risparmiuose.

Già questi chiarimenti potrebbero lasciare perplessi e senza ulteriori considerazioni e si potrebbe concludere:

- meglio che l'impianto SIA sempre RISPARIOSO
- abbiamo imparato che il 3.7 per $\frac{1}{4}$ delle sue soluzioni fallisce l'obiettivo del risparmio energetico, fino ad oggi abbiamo quindi sbagliato.

In realtà sia analizzando i dati, sia approfondendo la conoscenza e le proprietà di I/A (che comunque avevamo ben chiare), si scopre che:

- R_f è effettivamente un parametro che rappresenta più di ogni altro quanto è risparmiOSO un impianto (sia di costo di primo impianto, sia energeticamente sia manutentivamente), ma 'su percorsi' non tiene assolutamente conto di scelte illuminotecniche, di qualità della luce e di valorizzazione del contesto e potrebbe anche essere fuorviante e in taluni casi assolutamente non rispettabile.
- I/A per contro su percorsi non fallisce l'obiettivo di risparmio energetico, ma semplicemente lo commisura all'ambito illuminotecnico da illuminare. I/A purtroppo ha altri difetti che vedremo.

Sono a questo punto state introdotte delle distinzioni: PERCORSI e AREE.

Analizziamo i singoli elementi di ciascuna distinzione e con degli esempi mostriamo come funzionano il 3.7 e il 4.5.

PERCORSI:

STRADE, PERCORSI PEDONALI, CICLABILI

Classe di riferimento: ME, S, CE

I dati sono abbondanti e le possibili considerazioni su Rf e I/A sono molte.

Porre un valore fisso per Rf come già anticipato tende a favorire impianti con meno sostegni ed in questa logica a seconda della larghezza della strada e della sua classificazione avremo una curva delle soluzioni che assomiglia ad una gaussiana dove ogni volta il picco è puntato su una potenza specifica che potremmo dire consigliata.

Secondo questa introduzione generalmente gli Rf più bassi si hanno con potenze di un livello superiore rispetto a quelle che normalmente avremmo utilizzato. Per esempio su una strada da 6 metri di larghezza, da 0.5cd/m² ove normalmente la logica mi porterebbe a scegliere

una lampada da 70W il parametro Rf porterebbe a privilegiare lampade da 100W, ma parallelamente troveremo diverse soluzioni compatibili anche con sorgenti da 250W. Questo si spiega perché andando a fare i conti anche con una sorgente da 250W ottengo soluzioni compatibili, probabilmente con sostegni alti 15-18m e interdistanze superiori a 55-60m ma comunque compatibili.

Ora, che siano appena compatibili con Rf < 4.5 impianti con sorgenti da 70W in piccole stradine, e che siano abbondantemente compatibili a volte soluzioni con lampade da 250W lascia intuire che non è una questione di spostare il limite da 4. a 5 o da 4.5 a 4 ma che qualche cosa nelle valutazioni fatte non funziona come dovrebbe.

In particolare è piuttosto evidente che:

- un parametro di efficienza energetica premia SEMPRE, esattamente per come è costruito, gli impianti che consumano SEMPRE meno, ed in ambito percorsi che consumano meno per km ed è evidente, paradossalmente, che un impianto con sostegni da 16 m (!?), con interdistanze di 60 m (!?) e potenze elevate che insistono su stradine da 5 metri anche in piena campagna consuma meno che uno con sostegni alti 6 metri ed interdistanze da 24m.

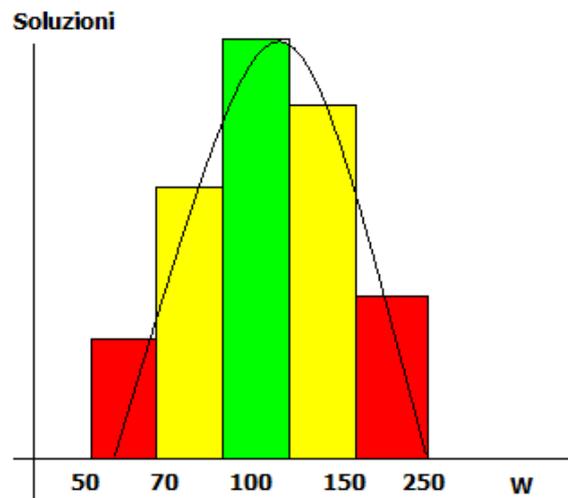
- Questo ragionamento mostra parecchie falle anche nel pur perfetto parametro energetico Rf in quanto se è pur vero che permette di confrontare TUTTO da un punto di vista energetico, è anche vero che mette sullo stesso piano soluzioni che non centrano nulla le une con le altre e poco 'illuminotecnicamente accettabili'. Per esempio quindi sono privilegiate soluzioni a maggiore potenza puntuale e massima interdistanza.

- un altro aspetto che rivela dei limiti nel parametro Rf e che balza agli occhi è che sicuramente è 'molto più facile' illuminare rispettando l'Rf una strada larga 7-8-9-10 metri rispetto ad una strada larga 4-5-6 metri. Questo è evidente in quanto una fotometrica 'tende a perdere luce da tutte le parti' quindi serve più potenza installata per una piccola pedonale o ancora peggio per una ciclabile anche se i rapporti interdistanze altezze diventano superiori ad 8!!!. Infatti un risultato chiaro della valutazione è che per qualsiasi ciclopedonale larga 1-2-3m il parametro Rf calcolato sarà SEMPRE superiore a 4.5.

Facciamo un esempio:

ciclo-pedonale di 2 metri di larghezza, 70W, altezza sostegno di altezza 5 metri, interdistanze 30m, classe S3 (7,5lx).

$$Rf = 70 \times 100 / (30 \times 2 \times 7.5) = 15$$



Se faccio interdistanza 40m (I/A=8!) - $R_f = 11.6$

Paradossalmente il problema è altrettanto pesante se considero una piccola stradina da 5 metri. Consideriamo sostegni da 6 metri e interdistanze da 32m

$R_f = 5.8$ che ancora non rientra nel 4.5.

Ancora una volta non è un problema del numero 4.5 che anzi permette anche soluzioni incredibili su strade normali o di grandi larghezze, ma è un problema congenito del parametro e di tutti i parametri energetici, su percorsi dove le 'fotometriche' degli apparecchi lavorano non molto bene. Probabilmente fra qualche anno con i led il problema si ridurrà notevolmente aumentando decisamente il fattore di utilizzazione e riducendo la luce dispersa (aumento dell'utilanza).

- AL'ultima cosa "strana" ma normale è che aumentando la classificazione paradossalmente si abbassa R_f .

Se consideriamo gli esempi precedenti ma con classi S1 o S2 anziché S3. Ottengo:

ciclo-pedonale di 2 metri di larghezza, 70W, altezza sostegno di altezza 5 metri, interdistanze 30m.

$R_f = 70x*100/(30x2x10) = 11,6$

$R_f = 70x*100/(30x2x15) = 7.7$

Contro valori di R_f pari a 15 degli esempi precedenti.

Sembrano quindi palesemente favorite (a parità di potenza se questa è mantenibile) soluzioni con classificazioni superiori che contrasta ancora una volta con le logiche di una associazione di illuminotecnica eco-compatibile in quanto questo parametro spinge a incrementare le classificazioni.

- torniamo al confronto con il nostro parametro $I/A > 3.7$.

- 1- I/A contrariamente a qualsiasi parametro energetico tiene conto del contesto in cui si opera, e quindi di una illuminotecnica non solo eco-compatibile ma commisurata al contesto ed alla situazione. Cosa vuol dire? Vuol dire che se illumino una pedonale in un parco non utilizzo sostegni da 15 metri di altezza ma da 4-5 metri e di conseguenza con $I/A > 3.7$ imponendo interdistanze minime fra 16 e 28 metri.

Se sono in un centro storico non uso lanterne/lampade da 150-250W ad altezze di 10-12metri (come viste dallo scrivente per esempio per nel Comune di Martinafranca) ma uso sistemi illuminanti ad altezze adeguate 4-5-6 metri (anche storicamente parlando) imponendo I/A da 19m (per pali da 5m) sino a 30-35 metri.

Viceversa per una strada residenziale di 7 metri di larghezza non uso pali da 10-12 metri con interdistanze da 35 a 50m, ma sostegni di 6-7-massimo 8 metri di altezza per interdistanze commisurate al valore minimo I/A di 3.7

- 2- R_f favorendo interdistanze alte, favorisce palesemente sostegni alti. Premesso che più alzo il sostegno anche dal punto di vista dell'inquinamento luminoso la situazione peggiora, più alzo il sostegno più l'illuminazione è intrusiva e non va ove funzionalmente dedicata.
- 3- I/A è facilmente verificabile da tutti ben più anche del valore di R_f che è più facilmente celabile nei meandri del progetto illuminotecnico, inoltre il progettista non viene vincolato da SOLI parametri energetici, la qualità dell'illuminazione non ne viene meno così come la bellezza di un ambito da illuminare in quanto non vincolata a soli aspetti energetici che privilegierebbero sostegni altissimi anche in ambiti pedonali, con il parametro I/A si sceglie l'altezza e di conseguenza si trova la soluzione conforme, viceversa l'altezza è in balia del conseguimento dei parametri energetici,
- 4- Sono state fatte parecchie simulazioni anche con apparecchi d'arredo spesso meno efficienti ed efficaci di analoghi di tipo stradale, lavorando a basse altezze. Proprio per quanto di po di impianti come già anticipato difficilmente si rientra nei limiti di $R_f < 4.5$, e stiamo parlando di ottiche di valore spesso anche con sorgenti regolabili nell'ottica. E' chiaro che in certi contesti compresi i centro rurali con viuzze tale parametro R_f non è mai rispettabile. E' ovvio che non possiamo adottare un parametro di questo tipo se ci impedisce di illuminare tutti i percorsi pedonali, ciclabili e le stradine.

Evitando ulteriori commenti, si può concludere che:

Sui PERCORSI (stradali, pedonali, ciclopedonali, misti, etc...) sebbene il Rapporto interdistanza altezza, non abbia legami diretti con le potenze installate (anche in questo caso potrei utilizzare lampade da 250W Ma la differenza è che non saremmo obbligati ad utilizzare tale soluzione), e non sia effettivamente sempre il miglior modo di fare efficienza energetica, è però il parametro che più rispetta il territorio e l'ambiente nonché che favorisce soluzioni illuminotecniche commisurate all'applicazione ed al contesto da illuminare.

In ambiti PERCORSI ancora oggi risulta che il tanto vituperato e contestato parametro $R=I/A$ sia il parametro migliore da impiegare e per questo anche Light-is lo ha adottato come parametro di valutazione dell'efficienza degli impianti, adottando anche come valore minimo dello stesso il valore 3.7 (che è stato identificato come limite minimo ammissibile per apparecchi del 2003 ed è un numero di parecchie leggi italiane e identificato da un'altra associazione a cui Light-is guarda con interesse). Eventualmente light-is potrebbe oggi come oggi identificare 2 valori di I/A , uno in ambito stradale del tipo 3.9 o 4, ed uno in ambito altri percorsi tipo 5.

AREE:

PIAZZE, PARCHEGGI, PARCHI, GRANDI AREE E PIAZZALI, ETC.

Classe di riferimento: S, CE (raramente), e categorie della norma europea EN12462-2 per l'illuminazione dei luoghi di lavoro .

In questo caso la valutazione sarà più facile e basata sulle seguenti considerazioni:

- il rapporto I/A non è applicabile,
- il parametro R_f sarebbe più adeguato.

Infatti le limitazioni prima evidenziate del parametro R_f possono essere così ridiscusse e riviste:

- Nell'illuminazione di aree il corpo illuminato generalmente lavora meglio perché non ha la restrizione della forte asimmetria longitudinale e della superficie stretta e molto allungata. Anzi, in realtà si è riscontrato che il valore 4.5 è spesso anche fin troppo elevato.
- R_f come conseguenza implica alzare i sostegni. E' vero però se ho una grande superficie (parcheggio e piazzale) ne vale la pena altrimenti conviene stare bassi con basse potenze,
- L'aumento di classificazione favorisce il rientro nel 4.5. Questo problema non si elimina, ma abbiamo visto che anche le soluzioni con bassa classificazione non fanno fatica a rientrare. *E' evidente che indipendentemente da cosa si faccia la corretta classificazione è uno dei PUNTI FOCALI di una illuminazione eco-compatibile.*

Tornado a R_f , nel caso di aree è certamente un parametro più interessante e fattibile anzi potrebbe essere veramente il nostro punto di riferimento.

Seguono alcuni esempi con alcuni apparecchi di cui non riporteremo il nome per ovvi motivi ma con vari progetti rivisti anche con varie potenze, altezze e classificazioni per comprendere come si modifica il parametro in rapporto al limite massimo fissato pari a 4.5.

Piazze – Aree Pedonali – Parchi – Piccoli Parcheggi

Classe	Altezza sostegno [m]	Tipo Lampada e Potenza	Superficie (l1x12) per ogni punto luce	m2 per ogni p.to luce [m2]	Potenza al metro quadrato [W/m2]	Rf	Emedio [lx]	Emin [lx]
S1	4	35W CDM	9.5 x 9.5	90,25	0,39	2,6	17	5,9
S1	5	35W CDM	9.5 x 9.5	90,25	0,39	2,6	15	6,1
S1	6	35W CDM	9 x 9	81	0,47	3,1	15	5,9
S2	5	35W CDM	11,5 x 11,5	132,25	0,26	2,6	11	4,7
S2	6	35W CDM	11 x 11	121	0,28	2,8	11	4,8
S3	5	35W CDM	13,5 x 13,5	182,25	0,19	2,5	9,1	1,8
S3	6	70W SAP	14,5 x 14,5	196	0,17	4,4	7,5	3,1

S1	6	70W SAP	14 x 14	196	0,35	2,3	15	6,6
S1	5	70W SAP	13,5 x 13,5	182,25	0,38	2,5	18	5,1
S2	6	70W SAP	17 x 17	289	0,24	2,4	11	3,3
S2	5	70W SAP	15,5 x 15,5	240,25	0,29	2,9	13	3
S3	6	70W SAP	18 x 18	324	0,21	2,8	9	1,76
S1	4	150W	9.5 x 9.5	90,25	1,6	11	17	5,9
S2	6	100W SAP	17 x 17	289	0,34	3.4	11	3,3
S3	6	100W SAP	18 x 18	324	0,3	4.1	9	1,76
S3	6	150W SAP	18 x 18	324	0,3	6.1	9	1,76

Applicazioni specifiche: Parcheggi

Classe	Dimensioni	Altezza Sostegni	Tipo Lampada	Potenza Spec. [W/m2]	n. posti Parcheggio	Rf	Emedio [lx]	Emin [lx]
S1	15 x 9	7	70W SAP	0,52	6	3,4	15	5,1
S2	20 x 9	7	70W SAP	0,39	8	3,9	12	3,2
S3	25 x 9	8	70W SAP	0,31	10	4,1	8,7	2,2
S1	20 x 9	10	100W SAP	0,55	8	3,7	16	5,2
S2	25 x 9	10	100W SAP	0,44	10	4,4	12,5	3,7
S1	20 x 9	11	150W SAP	0,83	8	5,5	15,4	5,1
S2	30 x 9	11	150W SAP	0,55	12	5,5	12,3	3,5

Si evitano ulteriori considerazioni, osservando solo che viene garantita la libertà di scelta progettuale e la scelta della sorgente, tagliando però le situazioni in cui si tende a sovradimensionare la potenza installata. Si può concludere con una buona approssimazione che:

il parametro Rf in questo caso è utilizzabile con buon profitto e come buon indicatore di efficienza degli impianti d'illuminazione ove questi non possono essere trattati come percorsi. In ambiti NON percorsi quindi l'adozione di un parametro $Rf \leq 4.5$ è sicuramente un buon indicatore di efficienza energetica con un discreto margine di sicurezza. In futuro con l'introduzione dei led e con l'incremento del fattore di utilizzazione forse questo parametro potrà essere ulteriormente ridotto.

Applicazioni specifiche: rotatorie e incroci

Si anticipa che in questo caso la normativa così come la progettazione è piuttosto complessa e per questo assimiliamo le rotatorie e gli incroci e valutiamo la situazione più complessa e non rettilinea: la rotatoria.

Classe di riferimento: CE

Si riportano alcuni esempi che sintetizzano la situazione, ma anticipiamo che il requisito calcolato di R_f sale notevolmente anche a 9-10 all'aumentare del diametro e tutto questo senza considerare che normalmente nelle rotatorie con illuminazione centrale NON si usano sostegni ma TORRI FARO con ben più di 4 sorgenti da 400W.

Mini-rotatorie D = 20m-24m



CE 3								
Diametro [m]	Tipologia Impianto	Potenza [Watt]	N° Sorgenti Luminose	R_f	H [m]	Uo	Lm [cd/m ²]	E [lx]
20	Periferico	100	3	6,3	9	0,45	1,1	16
21	Periferico	100	3	5,9	9	0,40	1,0	16
22	Periferico	100	3	5,2	9	0,40	1,0	15
23	Periferico	150	3	6,9	10	0,45	1,1	18
24	Periferico	150	3	6,6	10	0,45	1,1	17

Rotatorie Compatte con isola centrale semi-sormontabile D = 25m – 30m

Ambito Urbano

La soluzione centrale è più economica in quanto si ha risparmio sul numero di sostegni. Per diametri maggiori si osserva che, oltre al numero di sostegni, una illuminazione periferica richiede anche potenze maggiori.



CE 3								
Diametro [m]	Tipologia Impianto	Potenza [Watt]	N° Sorgenti Luminose	R_f	H [m]	Uo	Lm [cd/m ²]	E [lx]
25	Periferico	150	3	6,1	10	0,40	1,0	17
26	Periferico	150	3	5,8	9	0,40	1,0	16
27	Periferico	150	3	5,2	9	0,55	1,0	15
28	Periferico	150	4	6,4	9	0,45	1,0	15
29	Periferico	150	4	6,0	10	0,45	1,1	17
30	Periferico	150	4	5,6	10	0,45	1,1	17

Ambito Extraurbano

Si sottolinea che a parità di Uniformità di luminanza e di potenza impiegata, l'impianto periferico richiede altezze delle sorgenti luminose più basse e presentano un illuminamento inferiore rispetto ad una illuminazione centrale.

CE 2								
Diametro [m]	Tipologia Impianto	Potenza [Watt]	N° Sorgenti Luminose	Rf	H [m]	Uo	Lm [cd/m2]	E [lx]
25	Centrale	250	3	8,6	12	0,45	1,5	24
26	Centrale	250	3	8,2	12	0,40	1,5	22
27	Centrale	250	3	7,8	12	0,40	1,5	22
28	Centrale	250	3	7,5	12	0,40	1,5	22
29	Centrale	250	4	9,8	13	0,50	1,5	25
30	Centrale	250	4	9,4	12	0,45	1,5	23
CE 1								
Diametro [m]	Tipologia Impianto	Potenza [Watt]	N° Sorgenti Luminose	Rf	H [m]	Uo	Lm [cd/m2]	E [lx]
25	Centrale	250	4	7,7	11	0,47	2,1	35
26	Centrale	250	4	7,3	11	0,40	2,1	33
27	Centrale	250	4	6,9	10	0,40	2,0	33
28	Centrale	400	3	7,9	14	0,47	2,1	35
29	Centrale	400	3	7,5	13	0,47	2,0	35
30	Centrale	400	3	7,2	11	0,40	2,0	34

Rotatorie Compatte con isola centrale non sormontabile D = 31m-38 m

Valgono anche in questo caso le considerazioni fatte per le rotatorie di diametro compreso tra i 25m e i 30m; si osserva infatti che un impianto periferico necessita di altezze minori per avere la medesima luminanza media.

CE 2-1								
Diametro [m]	Tipologia Impianto	Potenza [Watt]	N° Sorgenti Luminose	Rf	H [m]	Uo	Lm [cd/m2]	E [lx]
31	Centrale	400	3	9,3	11	0,40	1,5	37
32	Centrale	400	4	9,0	14	0,63	1,6	43
33	Centrale	400	4	8,7	12	0,60	1,6	41
34	Centrale	400	4	8,4	12	0,56	1,6	41
35	Centrale	400	4	8,0	11	0,53	1,5	37
36	Centrale	400	4	7,6	11	0,53	1,5	36
37	Periferico	400	4	7,3	13	0,47	1,5	32
38	Periferico	400	4	7,0	12	0,47	1,5	32

Le conclusioni sono le seguenti:

il parametro Rf a meno di porlo a valori molto elevati o ridefinire un valore per questi ambiti ma piuttosto ridondante e poco significativo, non è impiegabile anche perché l'illuminazione delle rotatorie, e delle aree di accesso alle stesse e degli incroci, è molto complessa ed è a parere di light-is meglio evitare limiti che potrebbero non coniugare sicurezza e risparmio energetico. Ci è sembrato opportuno non porre limiti oltre a quelli già definiti di progettare con i valori minimi di Em previsti dalle norme di settore.

CONCLUSIONI: Ai fini della stesura della Carta Etica di Light-is ecco le scelte di efficienza adottate:

- PERCORSI: Parametro di efficienza energetica $R = I/A > 3.7$

- AREE: Parametro di efficienza energetica $R_f > 4.5$
- INCORCI E ROTATORIE: Nessun parametro specifico ma progettare ai valori minimi di illuminamento previsti dalle norme di settore.

CONFRONTO CON LE DIRETTIVE EUROPEE.

Cerchiamo di rispondere ora a queste domande importanti.

- 1- Come si pongono i parametri adottati da Light-is nei confronti delle direttive europee chiamate EuP, sono coerenti con le stesse?
- 2- I parametri di Light-is sono considerabili di efficienza energetica nei confronti delle direttive europee?

La risposta è queste domande è sempre SI.

Vediamo il perché, analizzando il primo documento adottato a livello europeo che impiega tale direttiva come riferimento. Il documento è:

Reale decreto n. 1890/2008 del Governo Spagnolo

Ministero dell'industria, turismo e commercio

Del 14 novembre 2008 entrato in vigore il 1 aprile 2009

Breve introduzione:

L'efficienza energetica di un'installazione è espressa mediante questo parametro:

$$(1) \quad \epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \quad \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

P = Potenza installata compreso le perdite degli ausiliari (W);

S = Superficie illuminata in metri quadrati;

E_m = Illuminamento medio mantenuto dell'installazione (lx);

Tabla 1 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Tabla 2 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Le tabelle sopra riportate esprimono il parametro di efficienza epsilon ed in particolare gli impianti NON devono mai scendere sotto i valori sopra rappresentati.

Nella successiva tabella 3 si definisce l'efficienza energetica di riferimento (epsilon R) in funzione dell'illuminamento medio mantenuto sulla superficie calcolando epsilon R per interpolazione.

Tabla 3 – Valores de eficiencia energética de referencia

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Introduciamo ora l'indice di efficienza energetica :

$$I\epsilon = \frac{\epsilon}{\epsilon_R}$$

E l'indice di consumo energetico (ICE):

$$ICE = \frac{1}{I\epsilon}$$

A questo punto è possibile classificare la bontà di efficienza energetica di un impianto con la tabella 4 e la successiva nota classificazione energetica degli impianti in questo caso d'illuminazione.

Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I\epsilon > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I\epsilon > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I\epsilon > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I\epsilon > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I\epsilon > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I\epsilon > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I\epsilon \leq 0,20$

Calificación Energética de las Instalaciones de Alumbrado
Más eficiente
A
B
C
D
E
F
G
Menos eficiente
Instalación:
Localidad /calle:
Horario de funcionamiento:
Consumo de energía anual (kWh/año):
Emisiones de CO ₂ anual (kg CO ₂ /año):
Índice de eficiencia energética (I _E):
Illuminancia media en servicio E _m (lux):
Uniformidad (%):

La norma introduce alcune cose molto interessanti ed in particolare classificare questi come se fossero un frigorifero, una lavatrice o qualsiasi apparecchiatura.

Vediamo come si coniuga questo con Light-is.

La formula (1) è esattamente l'inverso di quella di Light-is con qualche differenza si termini già discussa:

- non è normalizzata a 100 lx,
- utilizza i lx medi mantenuti non quelli della classe di riferimento con il rischio di incremento indiscriminato degli illuminamenti,
- utilizza le potenze complessive da noi scartate per avere meno discrezionalità su un valore che può essere meno controllabile.

Una delle cose però che lascia perplessi è la complessità di tale doppia tabella in funzione degli ambiti che introduce a nostro avviso un po' troppi numeri (undici) ed è meno efficace. Comunque la formula è del tutto analoga vista da un altro punto di vista e dovrebbe funzionare discretamente che unitamente alla tabella di classificazione energetica è a nostro avviso uno strumento straordinario.

Si vede però alla prova dei fatti come si comportano gli impianti conformi ai parametri di Light-is. I test sono stati condotti sullo stradale e sulle aree.

- 1- Stradale. Il confronto è avvenuto con decine di migliaia di progetti illuminotecnici stradali già conformi a $R=I/A > 3.7$. Il risultato è che l'85% degli impianti d'illuminazione stradale conformi a $R=I/A > 3.7$ sono di classe energetica A ed il restante di classe energetica B. non avendo esplorato i miliardi di soluzioni possibili non possiamo garantire che questa percentuale si mantenga sempre e che non debordi con anche qualche impianto di tipo C con $I/A > 3.7$. Il risultato però oltre che confortante è notevole, ai fini delle direttive europee le scelte di light-is portano nell'85% dei casi ad impianti di classe A.
- 2- Aree: Quanto detto per le strade vale anche per le aree ed in particolare i risultati peggiori ottenuti sulle aree in conformità a $R_f < 4.5$ impongono comunque una classificazione degli impianti del tipo A. Anche in questo caso non è possibile garantire sia sempre così comunque il risultato è assolutamente soddisfacente.

LIGHT-IS ha adottato parametri di efficienza energetica EFFICACI che permettono non solo di conseguire qualità della luce, ma per oltre l'80% dei casi di realizzare impianti d'illuminazione di classe A ai fini del risparmio energetico indicato come obiettivo dalle direttive Europee.