

DIMENSIONAMENTO ILLUMINOTECNICO

**Giovanni Parrotta
Classe concorso A040**

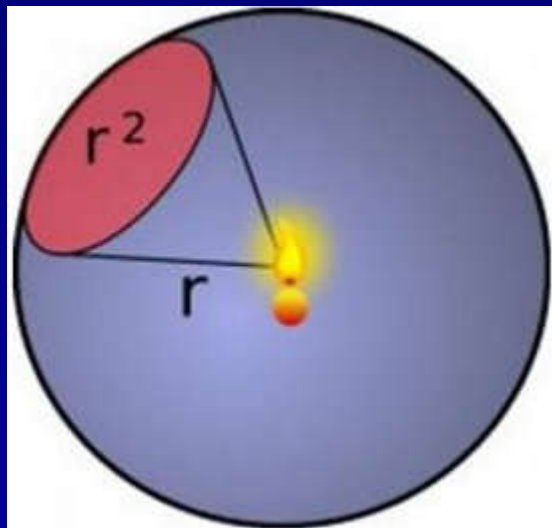
Prerequisiti: Grandezze fotometriche

Grandezza	Simbolo	Unità di misura	Abbreviazione
Flusso luminoso	Φ	lumen	lm
Illuminamento	E	lux	Lux
Intensità luminosa	I	candela	cd
Luminanza	L	nit	cd/m ²

Le relazioni che individuano le grandezze fotometriche sono relative a sorgenti puntiformi, ovvero di dimensioni piccole rispetto alla distanza, esempio il Sole rispetto alla Terra, una lampada in una stanza



Flusso luminoso

Definisce la potenza totale irradiata da una sorgente luminosa nella radiazione del visibile (380 nm - 780 nm), in sostanza la quantità totale di luce emessa nell'unità di tempo da una sorgente luminosa



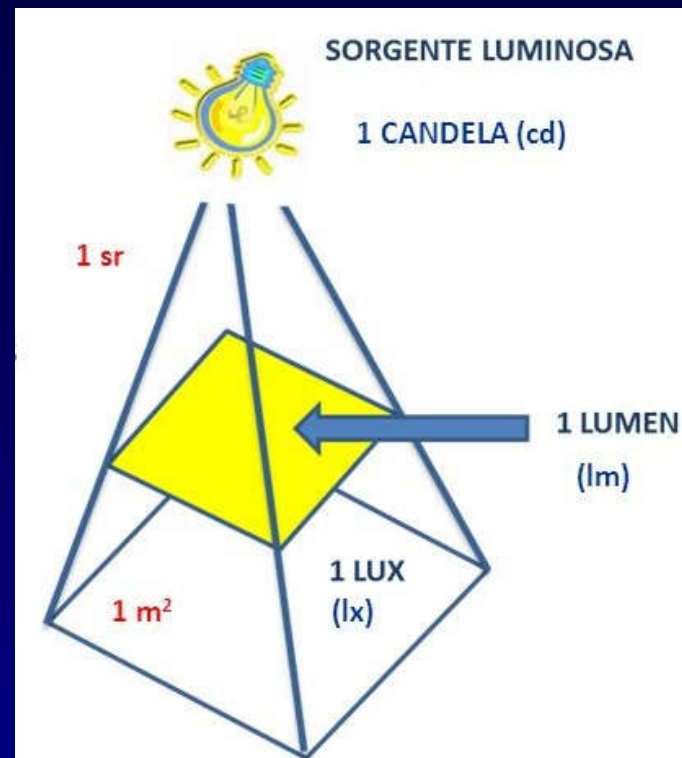
Un lumen (lm) equivale al flusso luminoso irradiato nell'angolo solido unitario (1 steradiante) da una sorgente ritenuta puntiforme con intensità luminosa di una candela

E' noto al progettista in quanto fornito dal produttore di sorgenti luminose mediante tabelle o schede

Flusso luminoso [lumen]	Potenza [W]			
	Incandescenza 	Alogene 	Fluorescenti compatte 	LED 
125	15	6	3	3
230	25	12	4	4
430	40	21	7	5
740	60	37	9	7
970	75	88	23	15
1400	100	70	35	20
2250	150	112	47	37
3170	200	160	88	52

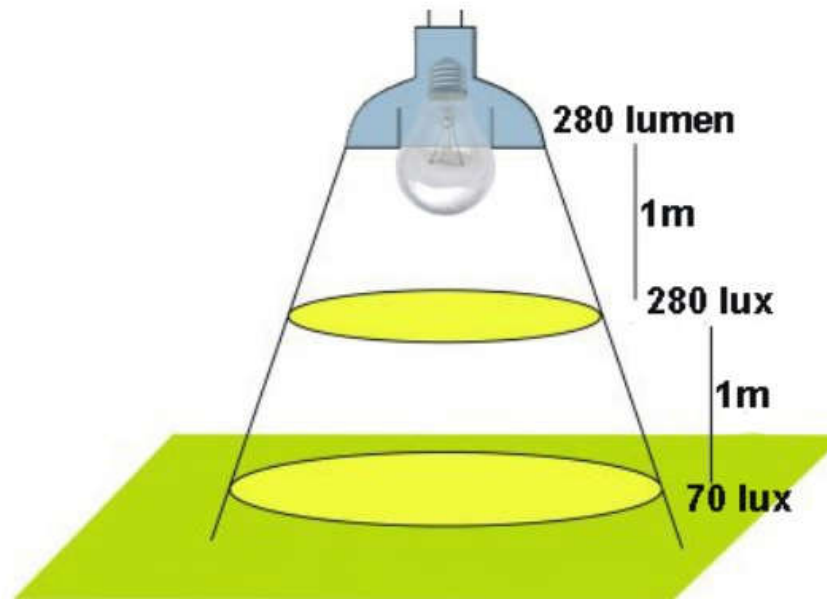
Per favorire la riduzione della richiesta di energia e delle emissioni, nell'unione europea dal 1 settembre 2012 non è più possibile la vendita di lampade ad incandescenza, ad eccezione delle scorte rimaste nel magazzino dei venditori.

- Intensità luminosa, Candela [cd] è pari all'intensità luminosa in una data direzione, di una sorgente emittente radiazione monocromatica alla frequenza di 540 THz con intensità radiante (in quella direzione) pari a 1/683 watt per steradiante.
- Flusso luminoso, Lumen [lm] equivale al flusso luminoso nel visibile emesso da una sorgente isotropica (che illumina uniformemente in tutte le direzioni) con intensità luminosa di una candela in un angolo solido di 1 steradiante.
- Illuminamento, Lux [lux] Equivale al flusso luminoso visibile emesso da una sorgente isotropica con intensità luminosa di 1 candela in un angolo solido di 1 steradiante, su una superficie di 1 m²
- Luminanza [cd/ m²] definisce la sensazione di luminosità dovuta alla presenza di una sorgente luminosa o superficie illuminata.



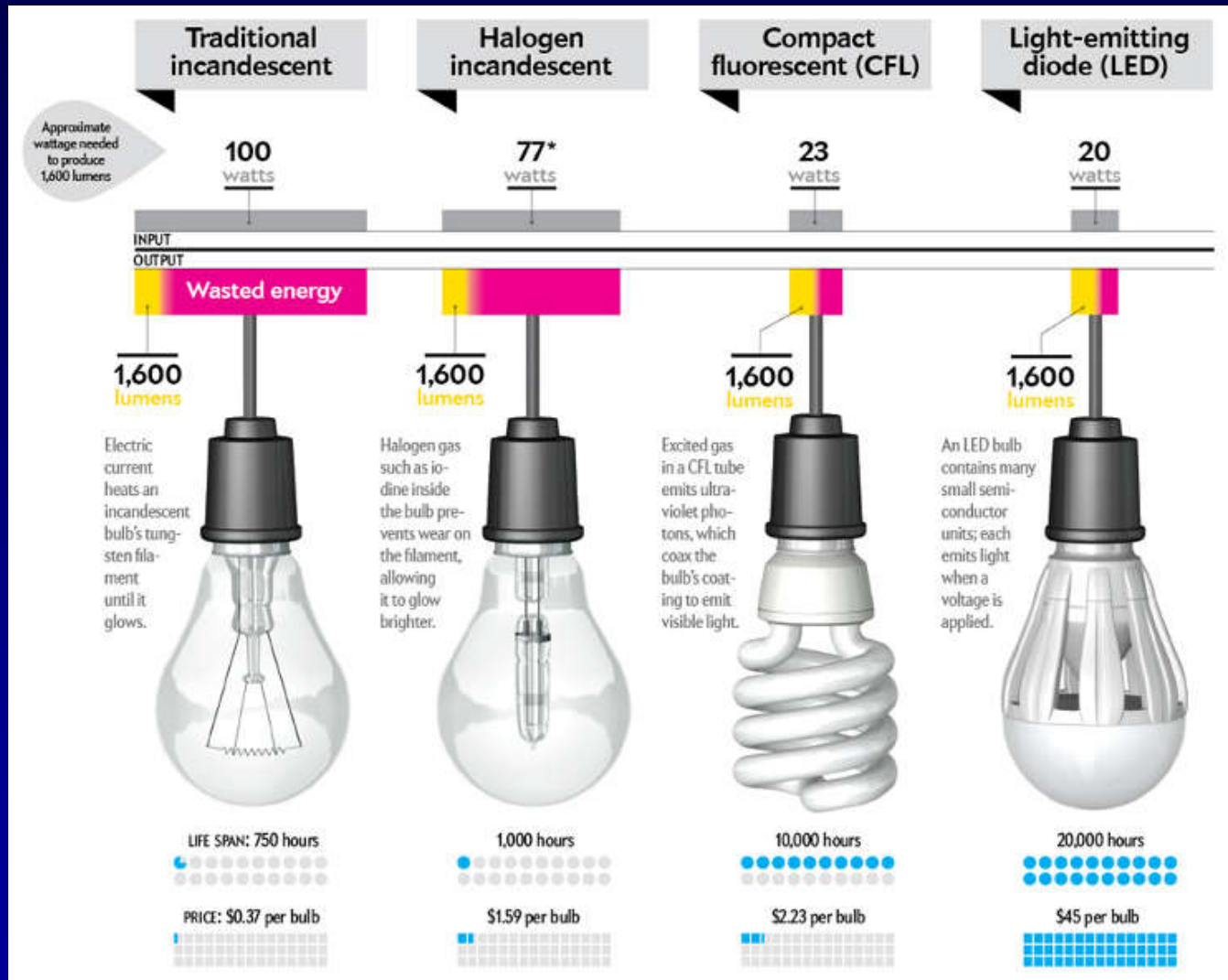
Differenza lux e lumen

Sono due diverse misure, il lumen [lm] è una misura assoluta della «quantità di luce», il lux [lx] è una misura del flusso luminoso relativa ad una area



- Esempio di distribuzione dei lux misurati alle varie distanze supponendo trascurabili i flussi luminosi dispersi o eventualmente assorbiti -

Efficienza luminosa



Parametro che valuta quanta energia elettrica è effettivamente convertita in energia luminosa, viene indicato dai costruttori mediante apposite tabelle, in genere raffrontando diversi dispositivi

Elementi da cui dipende il dimensionamento illuminotecnico

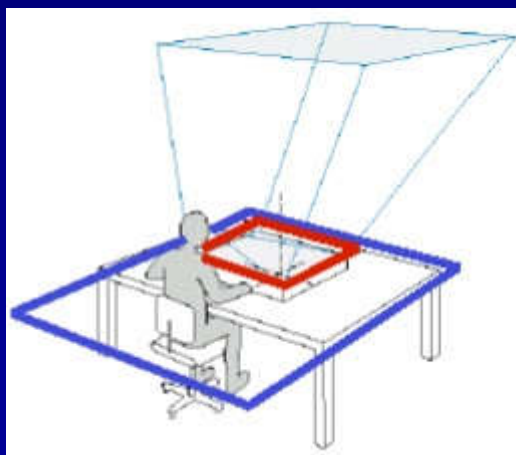
Il dimensionamento deve essere studiato e calcolato in funzione dei **compiti visivi** e della **destinazione d'uso** dell'ambiente da illuminare



Compito visivo

Può identificarsi con lo svolgersi di una prestazione visiva richiesta da una certa attività

Visione degli oggetti, dei dettagli e dello sfondo, legati al tipo di mansione da svolgere



Il rettangolo piccolo rosso indica la zona del compito visivo

La zona delimitata dal rettangolo blu indica l'area di lavoro all'interno della quale si trova il compito visivo

Qualità del dimensionamento illuminotecnico

Deve assicurare i seguenti fattori:

- Illuminamento adeguato al compito visivo
- Buona uniformità di luce, giusto rapporto di luminanza tra zone di lavoro, zone circostanti e sfondo
- Eliminazione di abbagliamento diretto o riflesso, con l'utilizzo di sorgenti luminose a bassa luminanza e opportunamente schermate
- Resa di colori e tonalità di luce adatta al compito visivo
- E' disciplinato da apposite normative in base agli ambienti in funzione dell'utilizzo e delle attività svolte

Valori medi di illuminamento

Sono specificati da apposite normative e riportati in apposite tabelle a seconda del tipo di ambiente e dell'attività svolta

Tipo di ambiente	Tipo di attività	Illuminamento consigliato [lux]
Abitazioni	Visione generale	70 - 100
	Lettura, scrittura	300 - 500
Negozzi	Normale	250 - 500
	Vetrine	1000 - 2000
Uffici	Disegno di precisione	750 - 1500
	Lavoro continuo	400 - 500
	Visione generale	70 - 100

Illuminamento medio raccomandato

Illuminamento (Lux)	Tipo di area, compito visivo, attività
30	Aree esterne industriali
100	Aree di transito o per brevi soste
200	Locali usati saltuariamente: corridoi, scale, atri, guardaroba
300	Lavori con esigenze visive semplici: lavorazioni grossolane a macchina
500	Lavori con esigenze visive medie: macchine utensili, uffici
750	Lavori con esigenze visive elevate: cucitura, ispezione e prova materiali, disegno
1000	Lavori con esigenze visive difficili: meccanica fine, esame dei colori
1500	Lavori con esigenze visive particolari: incisioni a mano, verifica tolleranze
2000	Lavori con esigenze visive eccezionali: assemblaggio di componenti elettronici, interventi chirurgici e dentistici

Luce naturale e artificiale nei luoghi di lavoro

L'illuminazione dei luoghi di lavoro deve essere ottenuta per quanto sia possibile con luce naturale, più gradita all'occhio umano e meno affaticante, ma allo stesso tempo tutti i luoghi di lavoro devono essere dotati di illuminazione artificiale adeguata per salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere.



Rendimento produttivo

Una corretta illuminazione oltre a contribuire all'incremento dell'attività, assume grande importanza nella prevenzione degli infortuni sul lavoro, inoltre i luoghi di lavoro nei quali i lavoratori sono esposti particolarmente a rischi in caso di guasti dell'illuminazione artificiale devono disporre di una illuminazione di sicurezza e di emergenza di sufficiente intensità



Dimensionamento illuminotecnico

Manuale:

- Pre-dimensionamento di massima, metodo del flusso totale.
- Dimensionamento esatto: metodo punto-punto

Automatico:

- Dimensionamento esatto: metodo punto-punto con appositi software di illuminotecnica

Flusso totale: stabilito l'illuminamento e il tipo del corpo illuminante se ne ricava il numero per i calcoli di progetto. Per i calcoli di verifica definito il numero e tipo di corpi illuminanti si ricava l'illuminamento medio.

Punto-punto: consiste nel determinare il valore dell'illuminamento in ogni punto della superficie da illuminare, si serve di particolari tavole fotometriche fornite dal costruttore, nel caso di più lampade viene valutato ogni singolo contributo e poi i risultati vengono sommati

Obiettivi dei metodi di dimensionamento illuminotecnico

Consistono nella scelta del sistema di illuminazione in funzione della destinazione d'uso e dei compiti visivi del ambiente in esame...

Si basano su:

- Caratteristiche dell'ambiente
- Coefficiente di riflessione delle superfici
- Tipi di lampade prescelte
- Livello di illuminamento richiesto



Il tipo di corpo illuminante deve adattarsi anche al contesto per non creare inadeguatezze estetiche

Obiettivi dei metodi di dimensionamento illuminotecnico

... e nella determinazione del numero e della distribuzione dei corpi illuminanti per creare le condizioni adatte alla visione



illuminazione di un ambiente con un tavolo con un solo corpo illuminante

Esempio di illuminazione di una mensa scolastica con più corpi illuminanti, uno per ogni tavolo mensa



Esempio di dimensionamento di illuminamento di una aula scolastica con il metodo del flusso totale

Si consideri un'aula scolastica, di dimensioni in pianta 6 x 8 m e di altezza 3 m. nella quali si voglia realizzare un illuminamento diretto con lampade ad un'altezza di due metri sopra il piano di lavoro.

Si decide di utilizzare il metodo del flusso totale che risulta adatto per ambienti interni e di superficie regolare, come nel caso del nostro esempio.



Esempio di dimensionamento di illuminamento di una aula scolastica con il metodo del flusso totale

Passi principali del metodo di dimensionamento con il flusso totale

Passo 1. Si ricava dalle apposite tabelle l'illuminamento medio richiesto.

Nel caso in esame si trova un valore per $E_M=300$ lux.

Passo 2. Dal valore precedente si ricava il valore del flusso utile che deve raggiungere la superficie tramite la formula seguente:

$$\Phi = E_M A \text{ [lumen]}$$

Il flusso totale Φ_T che bisogna avere è legato al flusso utile da un coefficiente chiamato fattore di utilizzazione u , che dipende dalle caratteristiche geometriche del locale, dai coefficienti di riflessione delle superfici, e dal tipo di apparecchi illuminati scelti.

$$\Phi_T = (E_M A) / u$$

Esempio di dimensionamento di illuminamento di una aula scolastica con il metodo del flusso totale

I valori del fattore di utilizzazione sono tabulati in funzione del:

- Tipo di apparecchio installato
- Indice del locale k : parametro che descrive la geometria del locale secondo le relazioni:

$$i = \frac{ab}{(a + b)}$$

Dove a , b sono le dimensioni in pianta del locale e h l'altezza di montaggio del corpo illuminante dal piano di lavoro nel caso di illuminazione diretta.

$$i = \frac{3ab}{2H(a + b)}$$

Dove a , b sono le dimensioni in pianta del locale e H l'altezza del soffitto rispetto al piano di lavoro nel caso di illuminazione diffusa.

Elementi da cui dipende il fattore di utilizzazione

Non tutto il flusso luminoso emesso dalle sorgenti installate in un ambiente arriva ad illuminare il piano di lavoro.

Una parte di esso viene “disperso” e la parte effettivamente incidente sul piano di lavoro dipende da

- geometria dell’ambiente;
- posizionamento delle lampade;
- caratteristiche di riflessione di pareti, pavimento e soffitto;
- caratteristiche degli apparecchi illuminanti.

Si definisce allora il fattore di utilizzazione U come rapporto tra flusso incidente Φ sul piano di lavoro e flusso totale installato Φ_T



$$U = \Phi / \Phi_T$$

in questo caso vi è un notevole flusso disperso in quanto il corpo illuminante illumina in direzioni non necessarie

Deprezzamento del flusso luminoso emesso e fattore di manutenzione

Al passare del tempo l'impianto di illuminazione subisce un certo invecchiamento che viene detto deprezzamento.

Il flusso emesso dalle lampade diminuisce per annerimento degli involucri in vetro, per variazioni delle condizioni di funzionamento delle lampade stesse.

Le parti ottiche degli apparecchi vengono ricoperte da polvere diminuendone la riflessione e la trasparenza.

Nella valutazione del flusso da installare bisogna tenere conto di questo fattore, prevedendo un flusso leggermente superiore a quello minimo richiesto. Viene definito un altro fattore detto di manutenzione, m , corrispondente al rapporto tra il flusso che incide sulla superficie di lavoro in condizioni di massimo invecchiamento dell'impianto e con l'impianto nuovo.

il fattore detto di manutenzione, può essere valutato in funzione della polverosità dell'ambiente con un intervallo tra le operazioni di pulizia pari a 12 mesi e varia tra 0.8 ambiente pulito 0.7 medio, 0.5 sporco

Scelta del fattore o coefficiente di utilizzazione

Dalla opportuna tabella si è visto che l'illuminamento medio consigliato è di 300 lux e quindi

il flusso luminoso necessario risulta pari a:

$$E_m * S = 300 \text{ lux} * 48 \text{ mq} = 14400 \text{ lm}$$

l'indice del locale nel caso di illuminazione diretta risulta pari a:

$$i = (a*b) / h * (a+b) = (6*8) / [2 * (6+8)] = 1,7$$

Dalla tabella risulta che con $i=1,71$ si ricade nella classe E. Ponendo che le lampade utilizzate siano fluorescenti e che il soffitto abbia un coefficiente di riflessione pari al 75% e le pareti del 50% si ottiene un coefficiente di utilizzazione pari a $u = 0,58$.

Se il tipo di manutenzione è frequente $m = 0,8$ allora il flusso luminoso effettivo da fornire all'ambiente è:

$$\Phi_T = (E_M * A) / (u * m) = 14400 / (0,58 * 0,8) = 31034 \text{ lm}$$

Dimensionamento del numero di lampade

Si può ora determinare il numero di lampade che devono essere installate. Le sorgenti che si vogliono installare sono lampade fluorescenti lineari 1500 x 26 tipo de luxe

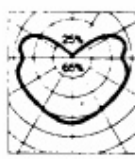

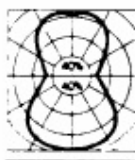
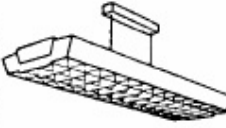


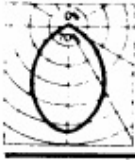



Ognuna di tali lampade emette un flusso luminoso pari a 3750 lumen., tale valore è fornito dal costruttore con opportune tabelle. Il numero N delle lampade da installare sarà allora:

$N = \Phi_T / \Phi_L = 31034 / 2300 = 13,5$ si approssima per eccesso a 14 lampade, dai dati di tabella visto che l'assorbimento corrisponde a 30 watt, la potenza assorbita sarà $P = N * P_l = 14 * 30 = 420$ watt

Da notare che se si considera l'efficienza luminosa pari a 77 lm/w la potenza da fornire all'impianto di illuminazione risulta pari a:

$P = (\Phi_L * N) / 77 = 418,18$ watt

Curva fotometrica	Indice del locale	Coefficiente di utilizzazione								Fattore di manutenzione			
		b	m	n						b	m	n	
Illuminazione semidiretta $d = 1,1 h$ 	J	0,28	0,22	0,18	0,26	0,21	0,18	0,20	0,17	Plafoniera nuda o con coppa diffondente 	0,80	0,70	0,60
	I	0,35	0,29	0,25	0,33	0,27	0,24	0,26	0,24				
	H	0,39	0,33	0,30	0,37	0,32	0,28	0,30	0,27				
	G	0,45	0,38	0,33	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30				
	F	0,49	0,42	0,37	0,43	0,39	0,34	0,37	0,33				
	E	0,56	0,50	0,44	0,49	0,44	0,40	0,42	0,38				
	D	0,60	0,55	0,50	0,53	0,48	0,44	0,47	0,44				
	C	0,64	0,59	0,54	0,56	0,51	0,47	0,50	0,47				
	B	0,68	0,62	0,59	0,61	0,56	0,53	0,54	0,52				
	A	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60	0,58	0,57				
Illuminazione mista $d = 1,1 h$ 	J	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17	Diffusore 	0,75	0,70	0,65
	I	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21				
	H	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24				
	G	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26				
	F	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28				
	E	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30				
	D	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33				
	C	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36				
	B	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38				
	A	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41				
Illuminazione diretta $d = h$ 	J	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28	Riflettore a fascio largo 	0,75	0,65	0,55
	I	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38				
	H	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43				
	G	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47				
	F	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50				
	E	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56				
	D	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61				
	C	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62				
	B	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66				
	A	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67				
Illuminazione diretta $d = 0,9 h$ 	J	0,35	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30	0,32	0,30	Riflettore a fascio medio 	0,75	0,65	0,55
	I	0,43	0,39	0,37	0,42	0,39	0,37	0,39	0,37				
	H	0,48	0,45	0,42	0,47	0,44	0,42	0,43	0,41				
	G	0,53	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,48	0,46				
	F	0,57	0,53	0,50	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50				
	E	0,61	0,57	0,55	0,59	0,57	0,54	0,56	0,54				
	D	0,64	0,61	0,59	0,62	0,60	0,58	0,59	0,57				
	C	0,66	0,63	0,61	0,63	0,61	0,60	0,61	0,59				
	B	0,68	0,66	0,63	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62				
	A	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66	0,64	0,65	0,63				
Fattore di riflessione pareti		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%				
Fattore di riflessione soffitto		75%			50%			30%					

(*) b = pulizia frequente

m = pulizia mediocre

n = pulizia scarsa

A $i = 4,50 \div 6,00$

D $i = 2,25 \div 2,75$

G $i = 1,12 \div 1,38$

B $i = 3,50 \div 4,50$

E $i = 1,75 \div 2,25$

H $i = 0,90 \div 1,12$

C $i = 2,75 \div 3,50$

F $i = 1,38 \div 1,75$

I $i = 0,70 \div 0,90$

J $i = 0,50 \div 0,70$

Caratteristiche principali del corpo illuminante scelto fornite dal costruttore

PANORAMICA DEL PRODOTTO

Rivestimento lampada	Coated
Forma della lampada	T8
Temperatura di colore (K)	6000
CRI (Ra)	85
Dimmerabile	Yes
Codice EAN	5410288010786
Classe dell'efficienza energetica	A
Attacco/Base	G13
Tipo	T8 Luxline Plus Special Length
Wattaggio (nominale) (W)	30
Colore luce	860 Daylight
Numero dell'ordine	0001078
Efficacia (classificata) (lm/w)	77
Durata media (classificata) (ore)	20000
Flusso luminoso utile (classificato) (lm)	2300
Tecnologia	Fluorescent
Tensione (V)	96