

INDICE:

1. Tipologie di lampade per l'illuminazione artificiale
2. Apparecchi per la diffusione luminosa
3. Norme per l'illuminamento negli ambienti chiusi
4. Tipologie di illuminazione artificiale
5. Esempi di calcolo illuminazione artificiale
6. Calcolo Illuminotecnico nei locali
7. Esempi di calcolo del flusso luminoso in ambienti chiusi

1 - Tipologie di lampade per l'illuminazione artificiale

Le lampade sono suddivise in diverse categorie a seconda della tipologia di funzionamento:

Lampade a incandescenza: Vengono suddivise in lampade a bulbo (tradizionali) e lampade alogene. Le **lampade tradizionali** a bulbo hanno dimensioni maggiori di quelle alogene perché necessitano di più superficie di scambio per il raffreddamento. Inoltre hanno un IRC inferiore a 100 producendo una luce leggermente rossastra. Le **lampade alogene** hanno invece un forte impatto sui pigmenti cromatici degli oggetti che vanno ad illuminare. Inoltre esiste anche una tipologia di lampade alogene dette **a basse tensione** che utilizzano un voltaggio più basso per il funzionamento.

Normali (miscela di gas inerti)	Alogene (miscela di gas alogeni)
IRC < 100	IRC = 100
Vita media: circa 1000h	Vita media: circa 2000h
Efficienza luminosa 12lm/W	Efficienza luminosa 22lm/W

Lampade a scarica in gas e vapori: Si classificano come lampade a tubi fluorescenti o al sodio. Rispetto alle lampade ad incandescenza sono state un passo in avanti in termini di efficienza luminosa e anche di durata nel tempo. La loro efficienza luminosa è molto alta ma il nostro occhio ne percepisce all'incirca la metà rispetto a quella nominale.

Le lampade a scarica in gas e vapori funzionano grazie all'eccitamento degli atomi di un gas inerte (Elio, Neon, Argon, Azoto,) presenti all'interno di un tubo di vetro, con due elettrodi sigillati alle estremità, dentro il quale viene fatta passare una scarica elettrica.

Le lampade fluorescenti sono costituite ugualmente da gas nobili inseriti all'interno di un tubo, ma internamente il tubo è rivestito di un materiale fluorescente.

Tra le lampade a scarica in gas possiamo elencare:

- Lampade a vapori di sodio a bassa e ad alta pressione;
- Lampade a vapori di mercurio a bassa pressione o fluorescenti;

- Lampade fluorescenti compatte;
- Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione;
- Lampade per insegne luminose;
- Lampade ad alogenuri metallici;
- Lampade fluorescenti ad alta frequenza;
- Lampade fluorescenti a luce miscelata.

Tuttavia bisogna ricordare che le lampade ai vapori di sodio emettono un luce tendente al giallo.

Fluorescenti	Al sodio
IRC 70-95	IRC < 60
Vita media: circa 10000h	Vita media: fino 25000h
Efficienza luminosa 50-90lm/W	Efficienza luminosa 100-200lm/W

Lampade a LED: I LED sono diodi (la corrente che li fa accendere passa in un solo verso) realizzati con materiali semiconduttori. La scelta di questi materiali semiconduttori determina il colore della luce emessa.

Attualmente esistono LED puntiformi a luce bianca con un Indice di Resa Cromatica IRC tra 95/100.

Con i LED è possibile realizzare, oltre alle comuni lampade che utilizziamo nelle nostre abitazioni, anche delle superfici molto grandi in modo da produrre una luce non puntiforme. Questi LED a superficie si chiamano **Chip Led**.



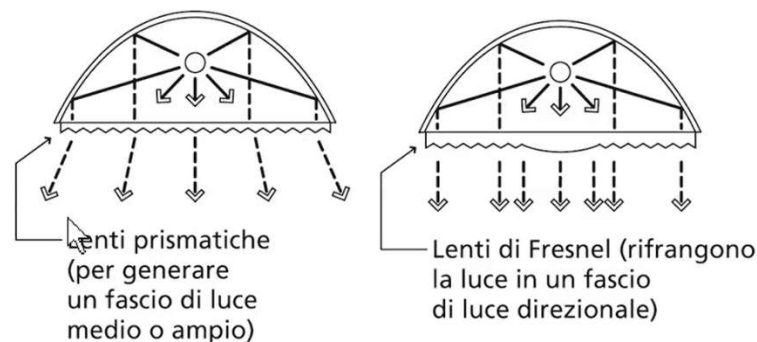
I **Chip Led**, come vediamo in figura, sono dei fazzolettini molto piccoli sia quadrati che rotondi con sopra di essi la lente che illumina. Il vantaggio di questi apparecchi è che, con un bassa potenza assorbita, producono molta luce con una elevata efficienza (fino a 120 lumen/W) e hanno una lunga durata nel tempo. Le lampade a Led che vengono utilizzate nelle abitazioni sono identiche come forma alle lampadine tradizionali, riescono a produrre una luce migliore con una richiesta bassissima di energia (ad esempio una lampada che produce 1200 Lumen assorbe 12 W) e hanno una lunghissima durata nel tempo (all'incirca 50000 H).

2 - Apparecchi per la diffusione luminosa

Normalmente per ospitare queste lampade ci sono degli apparecchi luminosi o portalampada che hanno due funzioni: una funzione estetica (deviare e guidare il flusso luminoso per ottenere l'effetto voluto dal progettista) e una funzione tecnica (nascondere i cavi elettrici ed i trasformatori). Questi apparecchi possono essere:

-riflettori parabolici per orientare tutta la luce in una singola direzione (un esempio è la parabola dei fari di una automobile) creando un fascio di luce concentrato;

-lenti utilizzate per generare un fascio di luce più ampio (lenti prismatiche) o per mantenere il fascio di luce in un'unica direzione (lenti di Fresnel).



-fibre ottiche che consentono di prendere la luce da una sorgente (lampada) e portarla, tramite fili sottilissimi, ad un punto di emissione luce che si vuole illuminare. Questo sistema può essere sostituito dai Led che sono molto più efficienti, piccoli e versatili.

3 - Norme per l'illuminamento negli ambienti chiusi

In Italia sono previste le seguenti norme:

- D.P.R. 547/55 che prevede l'illuminazione degli ambienti di lavoro con luce naturale o artificiale in modo sufficiente. Deve inoltre essere previsto un sistema di illuminazione di emergenza;

- D.P.R. 303/56 che prevede negli ambienti di lavoro una luce naturale sufficiente e una illuminazione artificiale adeguata a salvaguardare la sicurezza. Inoltre deve essere previsto un sistema di illuminazione di sicurezza;

D.P.R. 303/56: livelli di illuminamento

LOCALE O TIPO DI LAVORAZIONE	LIVELLO MINIMO
Depositi	10
Luoghi di passaggio, corridoi, scale	20
Lavori grossolani	40
Lavori di media finezza (illuminamento generale)	20
Lavori di media finezza (illuminamento localizzato)	100
Lavori fini (illuminamento generale)	40
Lavori fini (illuminamento localizzato)	200
Lavori finissimi (illuminamento generale)	60
Lavori finissimi (illuminamento localizzato)	300

- Norma UNI EN 12464 che prevede i livelli di illuminamento a seconda della funzione dei locali.

Norma UNI EN 12464

LOCALI	Em (lux)
RISTORANTI, MENSE	
• Corridoi	100
• Reception, cassa	300
• Buffet	300
• Ristorante self service	200
• Ristoranti, sale da pranzo	regolabile
• Cucine	500
• Magazzini e stanze di stoccaggio	100

4 – Tipologie di illuminazione artificiale

Le tipologie di illuminazione sono: **diretta** dove la luce viene puntata verso l'oggetto da illuminare, **mista** dove la luce viene puntata sia nel verso dell'oggetto che in quello opposto, **indiretta** dove viene puntata contro una superficie per illuminare con una luce di rimbalzo, **semidiretta** dove una parte della luce viene puntata verso l'oggetto e l'altra parte (in misura minore) verso l'alto.

Distribuzione diretta

Il flusso luminoso è indirizzato nella zona sottostante l'apparecchio.

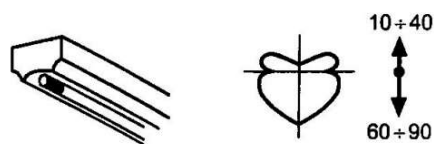
Se l'apparecchio non è posizionato ad un'altezza insufficiente crea disuniformità di illuminamento e abbagliamento.



Distribuzione semidiretta

Il flusso luminoso è diretto prevalentemente verso il basso e in misura minore verso il soffitto.

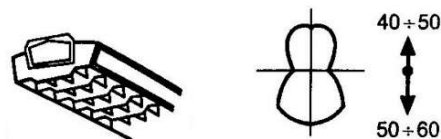
Attenua le ombre e rende più confortevole la visione.



Distribuzione mista

Il flusso luminoso è distribuito in parti uguali verso l'alto e verso il basso.

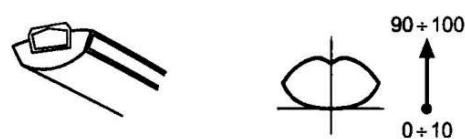
Crea uniformità di illuminamento e assenza di ombre e abbagliamento.



Distribuzione indiretta

Il flusso luminoso è diretto tutto verso il soffitto con distribuzione molto allargata e giunge al piano di lavoro per riflessione.

L'uniformità di illuminamento è elevata.



5 - Esempio calcolo illuminazione artificiale

L'Illuminamento che dobbiamo raggiungere $E = 300$ lux.

Utilizziamo una sola lampada appesa sopra al tavolo di lavoro ad una certa distanza $r = 2$ m. Devo trovare Φ .

- **Ipotesi 1** = con luce omnidirezionale (convogliata su superficie sferica) senza riflettore.

Il Flusso che mi serve è:

$$\Phi = E \times S = 300 \times 4 \pi r^2 = 15079.64 \text{ lm}$$

S = Superficie della sfera cioè $4 \pi r^2$

$\Omega = 4\pi$ sterad (Ω è l'angolo solido totale)

Quindi mi servono 15079.64 lm per produrre 300 lux ad una distanza di 2 m perché ho lasciato che il flusso di 300 lux si disperdesse nell'intero orizzonte sferico.

- **Ipotesi 2** = lampada con riflettore (la luce verrà convogliata su un quarto dell'angolo solido totale Ω).

$\Omega = 3.14$ sterad

$$\Phi = E \times S = E \times \pi r^2 = 3769.911 \text{ lm}$$

Come faccio ad ottenere 3769.911 lm? Quale lampada dovrò utilizzare? Se utilizzo una lampada a Led che ha un rendimento η (eta) di 120 lm/W, mi serve una Potenza della lampada che sarà:

$$W = \frac{\Phi}{\eta} = \frac{3769.911}{120} = 31.41 \text{ W}$$

Quindi sceglierò la mia lampada nei vari formati disponibili considerando l'angolo solido che tale lampada va ad illuminare.

6 - Calcolo Illuminotecnico nei locali

E' importante dimensionare l'illuminamento dei locali. Nel progetto di un edificio è importante raggiungere un valore (target) di illuminamento all'interno di ciascun locale. E' necessario quindi effettuare un Calcolo Illuminotecnico per l'illuminazione artificiale.

Calcolo illuminotecnico

Metodo del flusso totale – ambienti chiusi

$$\Phi_t = \frac{E_m \cdot S}{U \cdot M}$$

- Φ_t – flusso luminoso totale (lumen);
- E_m – illuminamento medio (lux);
- S – superficie totale (m²);
- U – fattore di utilizzazione;
- M – coefficiente di invecchiamento.

Si utilizza questa formula chiamata **metodo del flusso totale** o anche metodo del fattore di Utilizzazione U per calcolare l'illuminazione artificiale in ambienti chiusi.

S si riferisce alla superficie in pianta del pavimento del locale **escluse pareti e soffitto**. (S compresa la superficie di pareti e soffitto si utilizza invece per il calcolo dell'illuminazione esterna per luce diurna).

U ed M che si trovano ad denominatore sono numeri solitamente <1 e sono tabellati.

- **Fattore di Utilizzazione U :** valore tabellato che dipende da:

- Modalità di distribuzione della luce (illuminazione diretta in cui le lampade dirigono la luce tutta in basso, semidiretta in cui le lampade dirigono la luce un po' in alto e un po' in basso, mista, semindiretta in cui le lampade dirigono la luce tre quarti verso il soffitto e un quarto verso il basso e indiretta in cui le lampade dirigono tutta la luce verso il soffitto e poi da lì ricade in basso indirettamente);

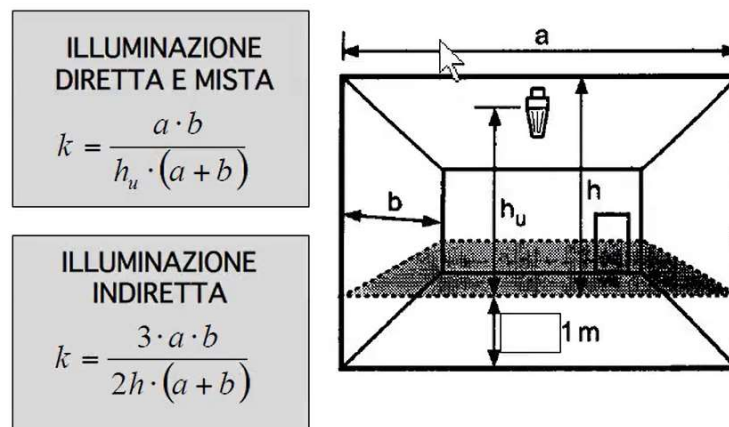
- Indice di riflessione di soffitto, pareti e pavimento (r) e varia in base ai colori delle superfici:

Indice di riflessione r

COLORI DI SUPERFICIE	r
Gruppi molto chiari (bianco, calce, smalto e carta bianca, grigio perla, crema, marmo di Carrara)	70%
Gruppi chiari (avorio, alluminio, verde chiaro, giallo paglierino, marmo di Candoglia, azzurro)	50%
Gruppi scuri (legni lucidi chiari, rosa, arancio, verde, ottone, bronzo, cuoio)	30%
Gruppi scuri (grigio ferro, verde oliva, indaco, marrone bruciato, legni scuri lucidi)	10%

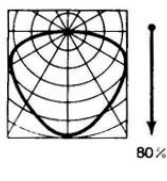
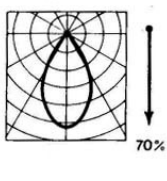
- Indice del locale (K)

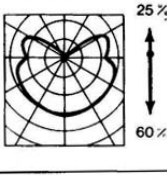
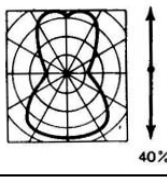
Indice del locale k




Dalla figura si nota che per l'**illuminazione indiretta** si usa h che è l'altezza dal soffitto al piano di lavoro. Per l'**illuminazione diretta e mista** si usa invece h_u che è l'altezza tra l'apparecchio luminoso e il piano di lavoro (per Normativa il piano di lavoro si assume ad 1 m da terra).

A questo punto possiamo quindi consultare la tabella per individuare il fattore di utilizzazione U :

Distribuzione	Indice di rifless. Indice locale k	Soffitto							
		75%			50%			30%	
		Pareti							
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
diretta 	0,50 + 0,70	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17
	0,70 + 0,90	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21
	0,90 + 1,10	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24
	1,10 + 1,40	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26
	1,40 + 1,75	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28
	1,75 + 2,25	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30
	2,25 + 2,75	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33
	2,75 + 3,50	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36
	3,50 + 4,50	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38
4,50 + 6,50	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41	
diretta 	0,50 + 0,70	0,11	0,09	0,06	0,07	0,05	0,04		
	0,70 + 0,90	0,15	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06		
	0,90 + 1,10	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,07		
	1,10 + 1,40	0,22	0,18	0,16	0,13	0,11	0,10		
	1,40 + 1,75	0,25	0,21	0,19	0,15	0,13	0,11		
	1,75 + 2,25	0,29	0,26	0,22	0,17	0,15	0,14		
	2,25 + 2,75	0,33	0,30	0,28	0,20	0,19	0,17		
	2,75 + 3,50	0,35	0,32	0,30	0,21	0,20	0,19		
	3,50 + 4,50	0,36	0,34	0,32	0,22	0,21	0,20		
4,50 + 6,50	0,39	0,38	0,36	0,24	0,23	0,23			

Distribuzione	Indice di rifless. Indice locale k	Soffitto							
		75%			50%			30%	
		Pareti							
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
semidiretta 	0,50 + 0,70	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28
	0,70 + 0,90	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38
	0,90 + 1,10	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43
	1,10 + 1,40	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47
	1,40 + 1,75	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50
	1,75 + 2,25	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56
	2,25 + 2,75	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61
	2,75 + 3,50	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62
	3,50 + 4,50	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66
4,50 + 6,50	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67	
mista 	0,50 + 0,70	0,28	0,22	0,18	0,26	0,21	0,18	0,20	0,17
	0,70 + 0,90	0,35	0,29	0,25	0,33	0,27	0,24	0,26	0,24
	0,90 + 1,10	0,39	0,33	0,30	0,37	0,32	0,28	0,30	0,27
	1,10 + 1,40	0,45	0,38	0,33	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30
	1,40 + 1,75	0,49	0,42	0,37	0,43	0,39	0,34	0,37	0,33
	1,75 + 2,25	0,56	0,50	0,44	0,49	0,44	0,40	0,42	0,38
	2,25 + 2,75	0,60	0,55	0,50	0,53	0,48	0,44	0,47	0,44
	2,75 + 3,50	0,64	0,59	0,54	0,56	0,51	0,47	0,50	0,47
	3,50 + 4,50	0,68	0,62	0,59	0,61	0,56	0,53	0,54	0,52
4,50 + 6,50	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60	0,58	0,57	

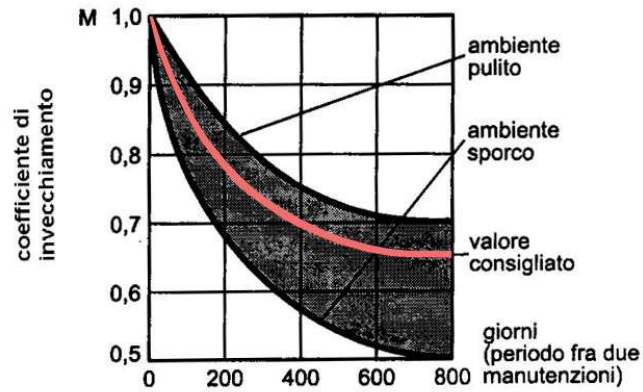
CURVA FOTOMETRICA	Indice dal locale	SOFFITTO								
		75%			50%			30%		
		PARETI								
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%	
	0,5 + 0,7	0,15	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,04	0,03	
	0,7 + 0,9	0,19	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,06	0,04	
	0,9 + 1,12	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,10	0,07	0,05	
	1,12 + 1,38	0,26	0,22	0,19	0,17	0,14	0,13	0,08	0,07	
	1,38 + 1,75	0,28	0,24	0,21	0,19	0,18	0,14	0,09	0,08	
	1,75 + 2,25	0,32	0,28	0,25	0,21	0,18	0,17	0,11	0,10	
	2,25 + 2,75	0,35	0,31	0,29	0,23	0,21	0,19	0,12	0,11	
	2,75 + 3,50	0,38	0,34	0,31	0,25	0,22	0,21	0,13	0,12	
	3,50 + 4,50	0,42	0,39	0,36	0,27	0,25	0,24	0,15	0,14	
	5,0 + 6,0	0,43	0,41	0,38	0,29	0,27	0,25	0,16	0,15	

Apparecchio per illuminazione indiretta con lampada fluorescenti



- **Coefficiente di Invecchiamento M:**

Dipende dall'invecchiamento degli apparecchi di illuminazione e dalla frequenza degli interventi di manutenzione e pulizia.



7- Esempi di calcolo del flusso luminoso in ambienti chiusi

Esempio 1:

Aula scolastica $E_m = 200 \text{ lx}$

Superficie pianta $12 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 168 \text{ mq}$

$a = 12 \text{ m}$

$b = 14 \text{ m}$

$h_u = 5 \text{ m}$

$$k = \frac{a \cdot b}{h_u (a+b)} = \frac{12 \cdot 14}{5 \cdot (12+14)} = 1.292308$$

$r_{\text{soffitto}} = 0.5$

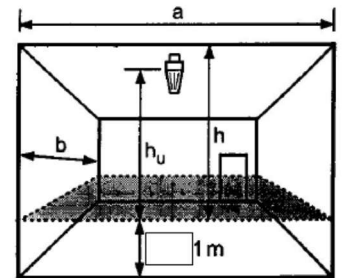
$r_{\text{pavimento}} = 0.5$

ILLUMINAZIONE DIRETTA E MISTA

$$k = \frac{a \cdot b}{h_u \cdot (a + b)}$$

ILLUMINAZIONE INDIRETTA

$$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2h \cdot (a + b)}$$

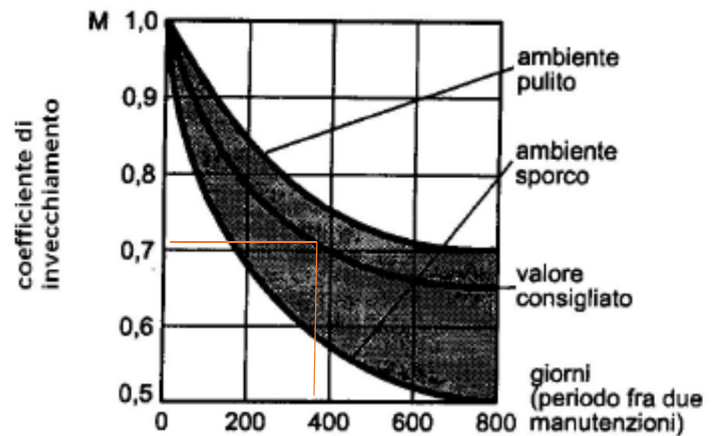


Distribuzione	Indice di rifless. / Indice locale k	Soffitto								
		75%			50%			30%		
		Pareti								
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%	
semiciretta 	0,50 + 0,70	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28	
	0,70 + 0,90	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38	
	0,90 + 1,10	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43	
	1,10 + 1,40	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47	
	1,40 + 1,75	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50	
	1,75 + 2,25	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56	
	2,25 + 2,75	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61	
	2,75 + 3,50	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62	
	3,50 + 4,50	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66	
4,50 + 6,50	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67		
mista 	0,50 + 0,70	0,28	0,22	0,18	0,26	0,21	0,18	0,20	0,17	
	0,70 + 0,90	0,35	0,29	0,25	0,33	0,27	0,24	0,26	0,24	
	0,90 + 1,10	0,39	0,33	0,30	0,37	0,32	0,28	0,30	0,27	
	1,10 + 1,40	0,45	0,38	0,33	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30	
	1,40 + 1,75	0,49	0,42	0,37	0,43	0,39	0,34	0,37	0,33	
	1,75 + 2,25	0,56	0,50	0,44	0,49	0,44	0,40	0,42	0,38	
	2,25 + 2,75	0,60	0,55	0,50	0,53	0,48	0,44	0,47	0,44	
	2,75 + 3,50	0,64	0,59	0,54	0,56	0,51	0,47	0,50	0,47	
	3,50 + 4,50	0,68	0,62	0,59	0,61	0,56	0,53	0,54	0,52	
4,50 + 6,50	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60	0,58	0,57		

Quindi troviamo i valori dalla tabella precedente e dal grafico e li sostituiamo nella formula:

$$U = 0.40$$

$$M = 0.72$$



$$\Phi_t = \frac{E_m \cdot S}{U \cdot M} = \frac{200 \cdot 168}{0.40 \cdot 0.72} = 116666.7 \text{ Lumen}$$

Ipotizzando di utilizzare un tubo fluorescente della Osram 517957 con le seguenti caratteristiche:

$$\Phi = 5200 \text{ Lumen}$$

$$W = 58 \text{ W}$$

$$\text{si dovranno utilizzare : } N. \text{ lampade} = \frac{\Phi_{tot}}{\Phi} = \frac{116666.7}{5200} = 22.43 \text{ lampade.}$$

Esempio 2:

Calcolo del flusso luminoso in una cucina:

$$E_m = 500 \text{ lx}$$

$$a = 3.5 \text{ m}$$

$b = 3 \text{ m}$

$h = 2.70 \text{ m}$

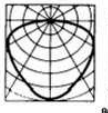
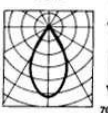
$h_u = 1.70 \text{ m}$

$S = 3 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} = 10.5 \text{ mq}$

$r \text{ soffitto} = 0.7$

$r \text{ pareti} = 0.5$

Ci calcoliamo l'indice k : $k = \frac{a \cdot b}{h_u \cdot (a+b)} = \frac{3 \cdot 3.5}{1,7 \cdot (3+3.5)} = 0.95$

Distribuzione	Indice di rifless. Indice locale k	Soffitto							
		75%			50%			30%	
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
diretta 	0,50 ÷ 0,70	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17
	0,70 ÷ 0,90	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21
	0,90 ÷ 1,10	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24
	1,10 ÷ 1,40	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26
	1,40 ÷ 1,75	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28
	1,75 ÷ 2,25	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30
	2,25 ÷ 2,75	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33
	2,75 ÷ 3,50	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36
	3,50 ÷ 4,50	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38
	4,50 ÷ 6,50	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41
diretta 	0,50 ÷ 0,70	0,11	0,09	0,06	0,07	0,05	0,04		
	0,70 ÷ 0,90	0,15	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06		
	0,90 ÷ 1,10	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,07		
	1,10 ÷ 1,40	0,22	0,18	0,16	0,13	0,11	0,10		
	1,40 ÷ 1,75	0,25	0,21	0,19	0,15	0,13	0,11		
	1,75 ÷ 2,25	0,29	0,26	0,22	0,17	0,15	0,14		
	2,25 ÷ 2,75	0,33	0,30	0,28	0,20	0,19	0,17		
	2,75 ÷ 3,50	0,35	0,32	0,30	0,21	0,20	0,19		
	3,50 ÷ 4,50	0,36	0,34	0,32	0,22	0,21	0,20		
	4,50 ÷ 6,50	0,39	0,38	0,36	0,24	0,23	0,23		

Dalla tabella precedente e dal grafico dell'esercizio precedente deduciamo i valori di U ed M che andremo ad inserire nella formula:

$U = 0.37$

$M = 0.95$

Quindi :

$$\Phi_{tot} = \frac{E_m \cdot S}{U \cdot M} = \frac{500 \cdot 10.5}{0.37 \cdot 0.95} = 14935.99 \text{ Lumen}$$

Ipotizzando una lampada Kappa Plafoniera a Led (5227) con le seguenti caratteristiche:

$\Phi = 3750 \text{ Lumen}$

saranno necessarie:

$$N. \text{ lampade} = \frac{\Phi_{tot}}{\Phi} = \frac{14935.99}{3750} = 3.98 \text{ lampade}$$