

ILLUMINOTECNICA

Lezione 4
Lezione 5
Lezione 6

Metodo del flusso totale e Curve fotometriche



Occhio alle diapositive con questo simbolo ...
potrebbero essere oggetto di verifica !

Calcoli illuminotecnici

Metodo del flusso totale

2

Per ottenere un'illuminazione ottimale secondo le varie necessità delle attività umane, nel rispetto delle norme, occorre seguire alcune indicazioni generali che sono alla base della progettazione di un impianto:

1. bisogna innanzitutto considerare tipologia e ***utilizzo dell'ambiente da illuminare***;
2. è necessario verificare gli obblighi legislativi e normativi sia come ***livelli d'illuminamento*** richiesti sia come norme di sicurezza;
3. occorre scegliere gli ***apparecchi d'illuminazione*** (corpi illuminanti) in funzione del tipo di ambiente in cui vanno installati;

Calcoli illuminotecnici

Metodo del flusso totale

3

4. quindi eseguono i **calcoli illuminotecnici** veri e propri tenendo conto del livello d'illuminamento richiesto (si vedano Tabelle) e dei dati relativi all'ambiente; questi calcoli possono essere fatti con il «**metodo del flusso totale**», anche detto del «**fattore di utilizzazione**».

Il calcolo mediante il metodo del flusso totale permette di stimare l'illuminamento medio fornito da un numero conosciuto di apparecchi installati in un locale o, al contrario, permette di calcolare il numero di apparecchi necessari per ottenere l'illuminamento medio desiderato.

Illuminamento medio E

Metodo del flusso totale

4

Il livello di illuminamento è il primo dei fattori da tenere sotto controllo nel progettare una installazione illuminotecnica.

Esistono delle **tabelle**, pubblicate da organismi internazionali, che indicano i livelli di illuminamento minimo e massimo consigliati per ciascuna tipologia di ambiente.

Di solito si considera l'illuminamento sul piano di lavoro, cioè su una superficie orizzontale ipotetica, estesa a tutto il locale, e posta all'altezza a cui si svolgono le normali attività (scrivanie, macchine utensili, banchi di scuola ecc.). In emergenza il piano di lavoro è generalmente assunto a quota 0 cioè a pavimento.

Illuminamento medio E

Metodo del flusso totale

5

Nella tabella seguente sono riportati in estrema sintesi i livelli di **illuminamento** per alcune tipologie di ambienti.

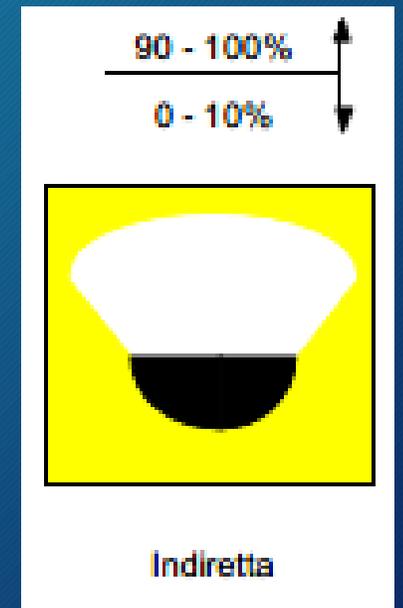
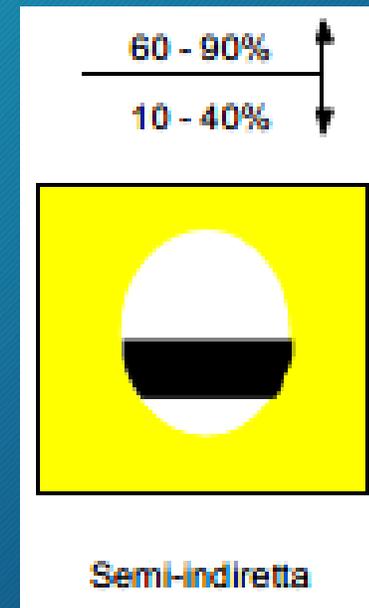
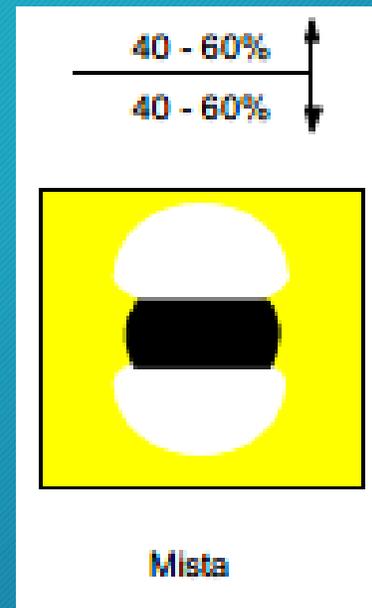
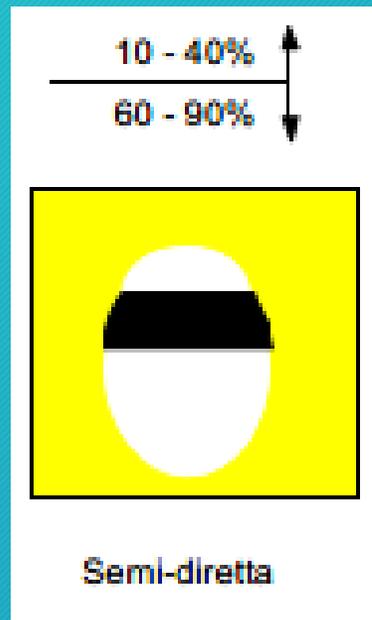
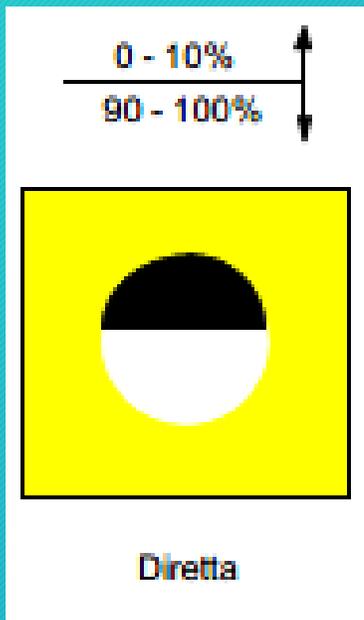
| Tipologia ambiente | Illuminamento medio richiesto E |
|---|---------------------------------|
| Corridoi, scale, sale attesa, depositi, ripostigli, cantine, ecc. | 100 - 150 |
| Mense, guardaroba, spogliatoi, aule scolastiche normali | 200 - 250 |
| Laboratori artigianali, industrie e locali ove non sono richieste grandi prestazioni visive | 300 - 400 |
| Laboratori artigianali, industrie e locali ove non sono richieste grandi prestazioni visive | 500 - 1000 |

Indice del locale K

Metodo del flusso totale

6

L'indice del locale K è un parametro che dipende dalle caratteristiche geometriche del locale (dimensioni), dalla distanza tra il piano di lavoro e gli apparecchi di illuminazione e dal tipo di illuminazione: diretta o semi-diretta, indiretta o mista come indicate in figura:



Indice del locale K

Metodo del flusso totale

7



L'indice del locale K si calcola nel modo seguente:

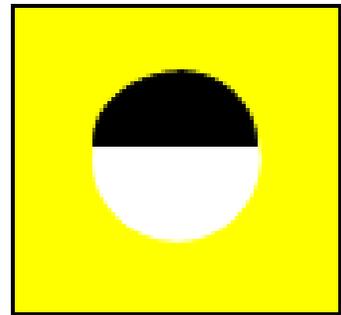
$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

- h = distanza degli apparecchi dal piano di lavoro.
- H = altezza del locale.

$$K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 H \cdot (a + b)}$$

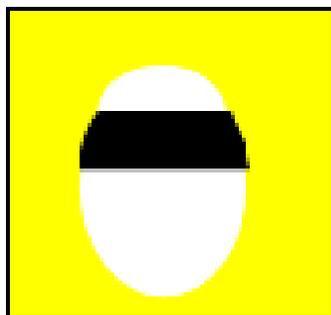
- a = lunghezza del locale.
- b = larghezza del locale.

0 - 10%
90 - 100%



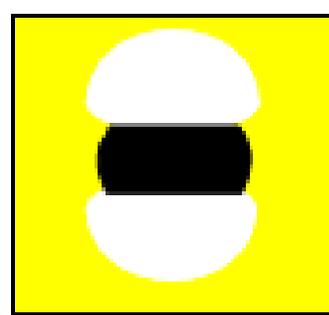
Diretta

10 - 40%
60 - 90%



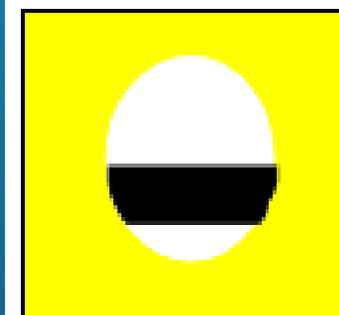
Semi-diretta

40 - 60%
40 - 60%



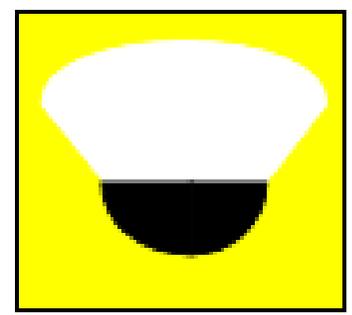
Mista

60 - 90%
10 - 40%



Semi-indiretta

90 - 100%
0 - 10%



Indiretta

Fattore di manutenzione M

Metodo del flusso totale

8

Il fattore di manutenzione M tiene conto dello stato di conservazione dell'apparecchio (usura e pulizia) secondo la seguente tabella.

(il valore medio normalmente utilizzato è 0,68)

| Tipologia ambiente | Fattore di manutenzione K |
|--|---------------------------|
| Ambiente molto pulito (MP) <i>(es ambulatori medici, centri di calcolo, ecc.)</i> | 0,75 - 0,85 |
| Ambiente pulito (P) <i>(es. uffici, scuole, ecc.)</i> | 0,65 - 0,75 |
| Ambiente normale (N) <i>(es. negozi, laboratori, ristoranti, industrie alimentari, ecc.)</i> | 0,55 - 0,65 |
| Ambiente sporchi (S) <i>(es. Officine meccaniche o del legno, officine di saldatura, ecc.)</i> | 0,45 - 0,55 |

Fattore di utilizzazione U

Metodo del flusso totale

9

Il fattore di utilizzazione U

dipende sia dalla riflessione del soffitto, pareti e piano di lavoro o pavimento sia dall'indice del locale K.

Per la determinazione del fattore U vengono utilizzate specifiche tabelle. (vedi figura)

| Fattore di riflessione | Pavimento | 30% | | | | |
|------------------------|-----------|------|------|------|------|------|
| | Soffitto | 70% | | | 50% | |
| | Pareti | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% |
| Indice del locale K | 0,60 | 0,39 | 0,36 | 0,32 | 0,38 | 0,34 |
| | 0,80 | 0,47 | 0,41 | 0,39 | 0,44 | 0,41 |
| | 1,00 | 0,51 | 0,47 | 0,42 | 0,49 | 0,45 |
| | 1,25 | 0,55 | 0,50 | 0,48 | 0,52 | 0,49 |
| | 1,50 | 0,59 | 0,54 | 0,52 | 0,55 | 0,53 |
| | 2,00 | 0,62 | 0,60 | 0,56 | 0,59 | 0,56 |
| | 2,50 | 0,65 | 0,62 | 0,59 | 0,60 | 0,58 |
| | 3,00 | 0,68 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 |
| | 4,00 | 0,70 | 0,69 | 0,66 | 0,66 | 0,63 |
| | 5,00 | 0,73 | 0,71 | 0,70 | 0,67 | 0,65 |

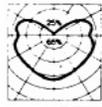
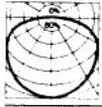
Fattore di utilizzazione U

Metodo del flusso totale

10

Le tabelle per la determinazione del fattore di utilizzo dipendono dal tipo di apparecchio e vengono fornite dal produttore unitamente alle relative **curve fotometriche**.

Cosa sono le curva fotometriche, come si leggono e quali informazioni forniscono lo vedremo più avanti !!!

| Curva fotometrica | Indice del locale | Coefficiente di utilizzazione | | | | | | | | | Fattore di manutenzione | | |
|---|-------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|--|-------------------------|--|--|
| | | b | m | n | 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 ÷ 6,00 | | D i = 2,25 ÷ 2,75 | | | | | | G i = 1,12 ÷ 1,38 | | | | | |
| B i = 3,50 ÷ 4,50 | | E i = 1,75 ÷ 2,25 | | | | | | H i = 0,90 ÷ 1,12 | | | | | |
| C i = 2,75 ÷ 3,50 | | F i = 1,38 ÷ 1,75 | | | | | | I i = 0,70 ÷ 0,90 | | | | | |
| | | | | | | | | J i = 0,50 ÷ 0,70 | | | | | |

Flusso totale necessario Φ

Metodo del flusso totale

11



Note le caratteristiche geometriche del locale, l'altezza di installazione degli apparecchi, la quota del piano di lavoro, l'indice del locale K , il fattore di manutenzione M e di utilizzo U e il valore dell'illuminamento medio E che si vuole ottenere si determina il **flusso luminoso totale (Φ)** necessario per illuminare l'ambiente:

con E = illuminamento richiesto [lx]

S = superficie del locale [m^2]

U = fattore di utilizzazione

M = fattore di manutenzione

Noto il flusso emesso da un apparecchio (Φ_{app}) si ricava il **numero di apparecchi necessari (n_{app})**



$$\Phi = \frac{E \cdot S}{U \cdot M}$$

$$n_{app} = \frac{\Phi}{\Phi_{app}}$$

METODO DEL FLUSSO TOTALE

Sintesi procedimento

12

Riassumiamo il procedimento con un esempio:

Fase A)

Sequenza dati da prefissare o calcolare



E - Livello di illuminamento (lux) che si desidera ottenere. Vedere tabella illuminamenti consigliati.



S - Superficie del locale (m^2).
 $S = a \cdot b$.

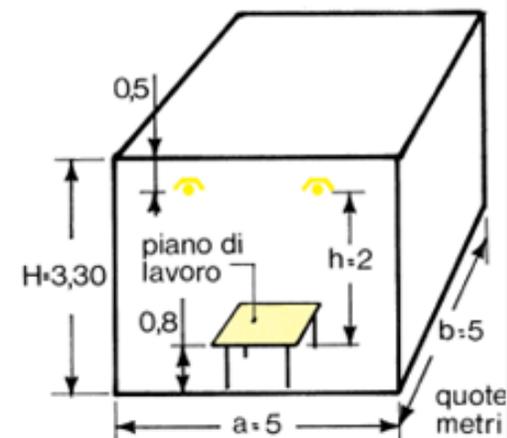
Esempio per un piccolo laboratorio artigianale



Livello di illuminazione previsto: 250 lux



$$5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$$



METODO DEL FLUSSO TOTALE

Sintesi procedimento

13

Riassumiamo il procedimento con un esempio:

Fase B)

K - Indice del locale. Tiene conto della superficie e dell'altezza delle lampade dal piano di lavoro (h) o dell'altezza del locale (H).

Per luce diretta, semindiretta e mista:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Per luce indiretta o semi-indiretta:

$$K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 H \cdot (a + b)}$$

$$\frac{5 \times 5}{2 \cdot (5 + 5)} = 1,25$$



U - Fattore di utilizzazione. Dipende dal sistema di illuminazione, dalle caratteristiche degli apparecchi, dal fattore di riflessione delle pareti, soffitto e pavimento.



Viene desunto da tabelle fornite dalle ditte che producono lampade e apparecchi di illuminazione.



In relazione all'indice del locale K ai coefficienti di riflessione di pareti e soffitto (30%) e al tipo di apparecchio il costruttore fornisce come fattore di utilizzazione il valore $U = 0,58$

METODO DEL FLUSSO TOTALE

Sintesi procedimento

14

Riassumiamo il procedimento con un esempio:

Fase C)

M - Fattore di manutenzione. Tiene conto del deprezzamento fotometrico degli apparecchi e dell'invecchiamento delle lampade.

elevato
0,85 – 0,75

medio
0,75 – 0,65

minimo
0,65 – 0,55

Si prevede una manutenzione elevata
 $M = 0,80$



Φ - Flusso luminoso totale (lumen).
 Φ_L - Flusso emesso da una singola lampada (lumen).
n - numero di lampade.



$$\Phi = \frac{E \cdot S}{U \cdot M}$$

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_L}$$



$\Phi = (250 \times 25) / (0,58 \times 0,80) = 13\,470 \text{ lm}$
Adottando lampade fluorescenti tubolari da 36 W, ammesso che il flusso sia di 34 000 lm, si ha:
 $n = \frac{13\,470}{3400} = 4 \text{ lam.}$

METODO DEL FLUSSO TOTALE

Sintesi procedimento

15

Infine calcoliamo la potenza elettrica totale dall'impianto di illuminazione del locale:

Fase D)

↓
P - Potenza assorbita dall'impianto (W).

P_L - Potenza assorbita da una singola lampada.

↓
$$P = P_L \cdot n$$

↓
Ammesso che ogni lampada da 36 W assorba 45 W per tenere conto del reattore, si ha:
 $P = 45 \times 4 = 180 \text{ W}$

Le curve fotometriche rappresentano graficamente come una sorgente luminosa emette luce nello spazio; vale a dire in che direzione emette la luce e con quale intensità.

A qualsiasi oggetto luminoso può essere associata una curva fotometrica, sia esso una semplice lampadina, un apparecchio illuminante o uno schermo che riflette della luce.

La curva fotometrica di un apparecchio d'illuminazione consente di prevedere il suo impatto sull'ambiente circostante.

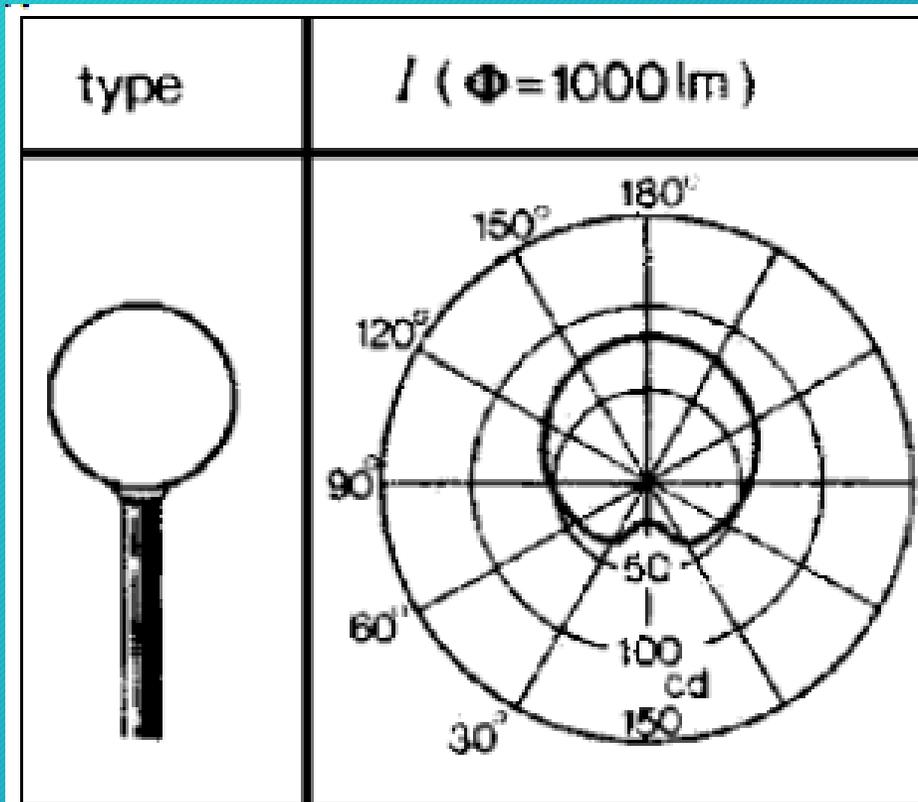
Per costruire una curva fotometrica è necessario misurare l'intensità luminosa. In sostanza è necessario "vedere" con quale intensità la sorgente emette luce in una determinata direzione.

È come se girassimo attorno all'apparecchio e, a diverse angolazioni, misurassimo l'intensità della luce emessa.

LE CURVE FOTOMETRICHE

18

Nella seguente Figura si riporta in esempio di curva fotometrica (di un apparecchio che emette in tutte le direzioni (ad es. una sfera trasparente su palo per esterni).



| Angolo | Intensità /1000lm | Angolo | Intensità /1000lm |
|--------|-------------------|--------|-------------------|
| 0° | 25 | 180° | 80 |
| 30° | 35 | 210° | 75 |
| 60° | 45 | 240° | 68 |
| 90° | 50 | 270° | 50 |
| 120° | 68 | 300° | 45 |
| 150° | 75 | 330° | 35 |

LE CURVE FOTOMETRICHE

19

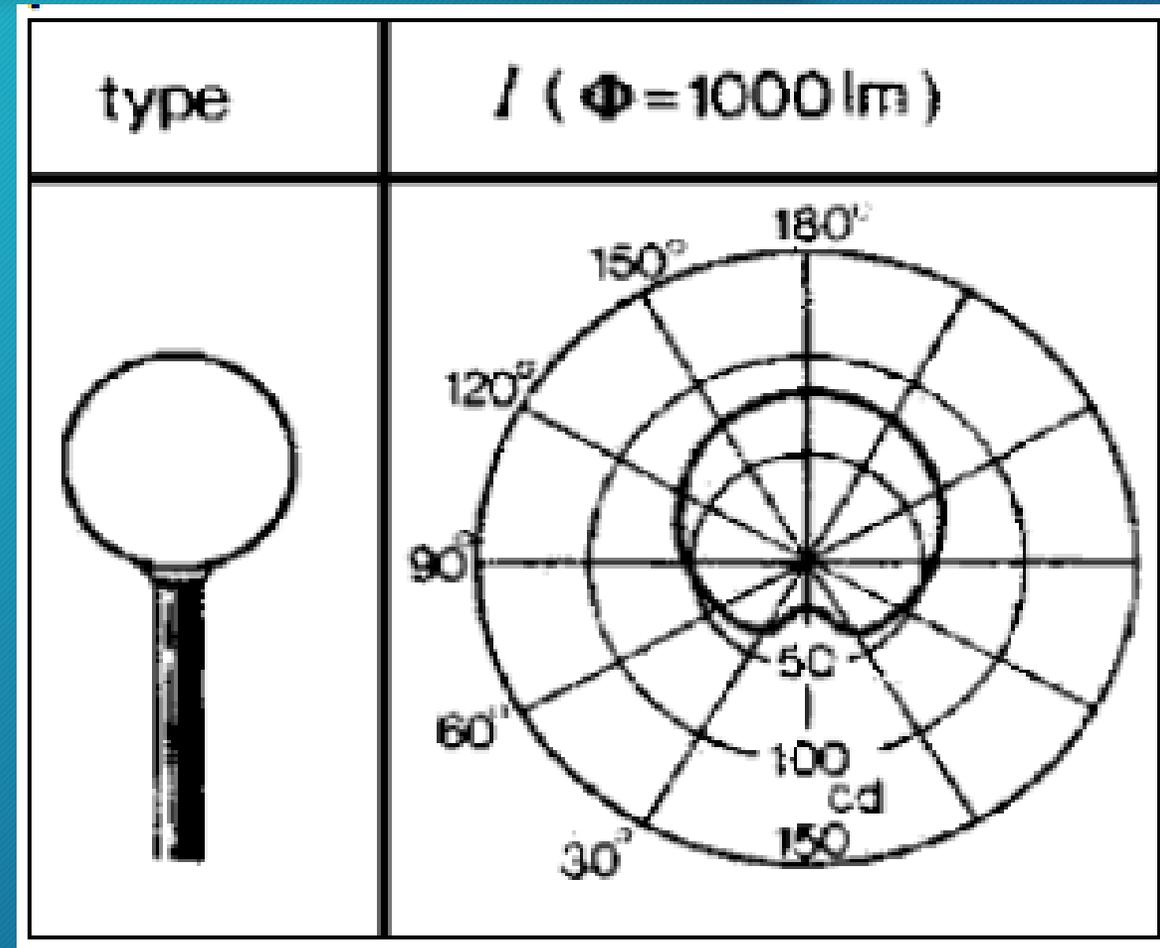


Osservando semplicemente la sola curva fotometrica già si riesce ad intuire il comportamento dell'apparecchio.

I raggi indicano le diverse direzioni e i cerchi concentrici ne indicano l'intensità.

Si può subito vedere graficamente l'emissione di luce in una direzione.

In questo caso è fondamentale verificare la conformità dell'apparecchio alla legge regionale e alla sua direttiva tecnica applicativa.



LE CURVE FOTOMETRICHE

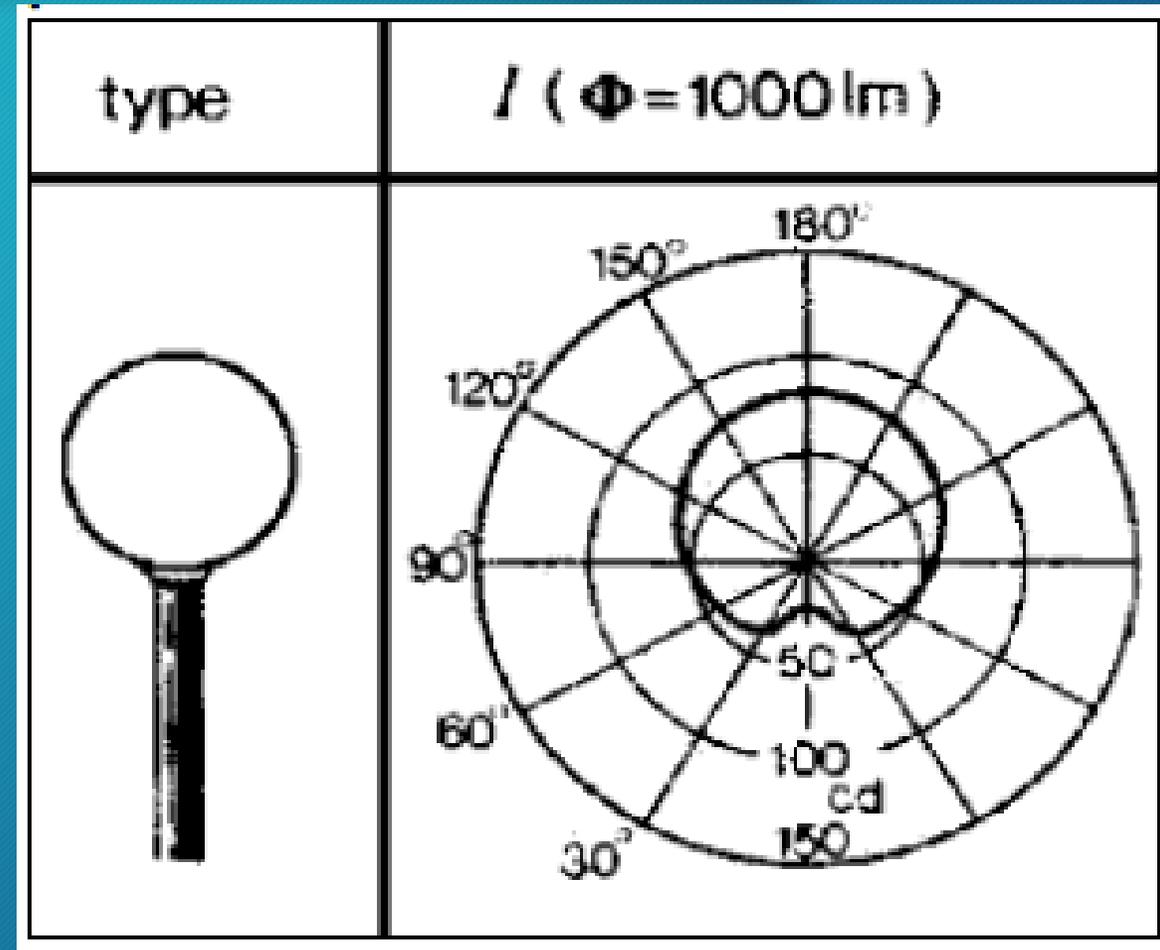
20



Sapendo infatti che la Legge Regionale prescrive che la distribuzione dell'intensità luminosa non deve superare a 90° ed oltre le 0,49 cd ogni 1000 lumen emessi, sul grafico in figura questa verifica si realizza leggendo il valore del cerchio che interseca il raggio orizzontale sul quale è indicato infatti il 90° .

Il numero contrassegnato indica 50 cd quindi vuol dire che il globo preso ad esempio, invia in direzione 90° una luce con intensità pari a 50 cd ogni 1000 lumen emessi. fianco che indica per 90° il valore di 50 cd/1000 lm.

Pertanto questo globo NON è conforme alla legge regionale.



LE CURVE FOTOMETRICHE

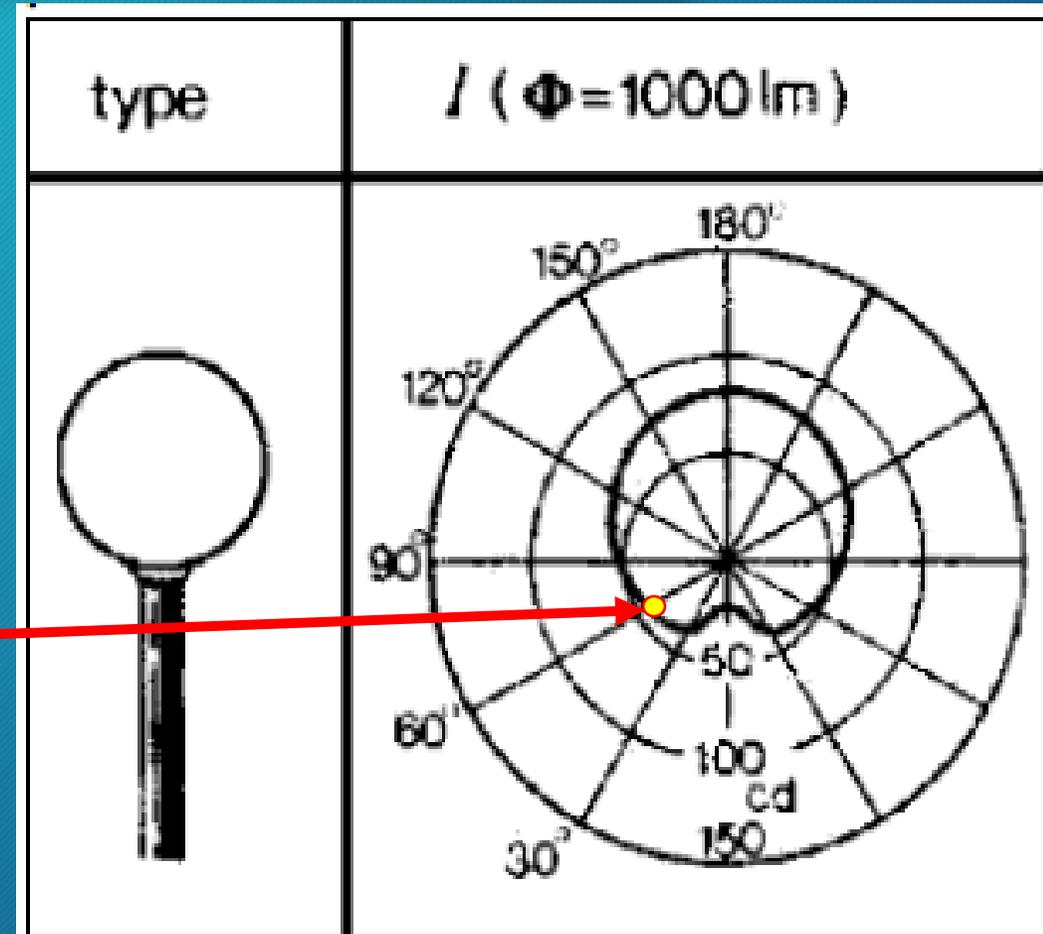
21



Se vogliamo sapere qual è l'illuminamento al suolo in una direzione di $\varphi=60^\circ$ occorre ovviamente sapere a quale altezza si trova la sorgente (la sfera).

Supponiamo che si trovi ad una altezza $h=2,5$ m dal suolo allora per determinare l'illuminamento al suolo nella direzione φ si deve utilizzare la curva fotometrica con la seguente formula:

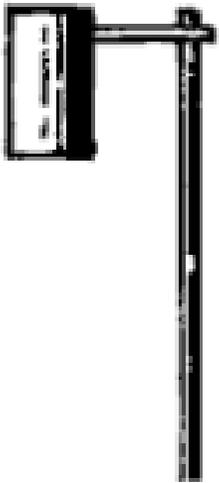
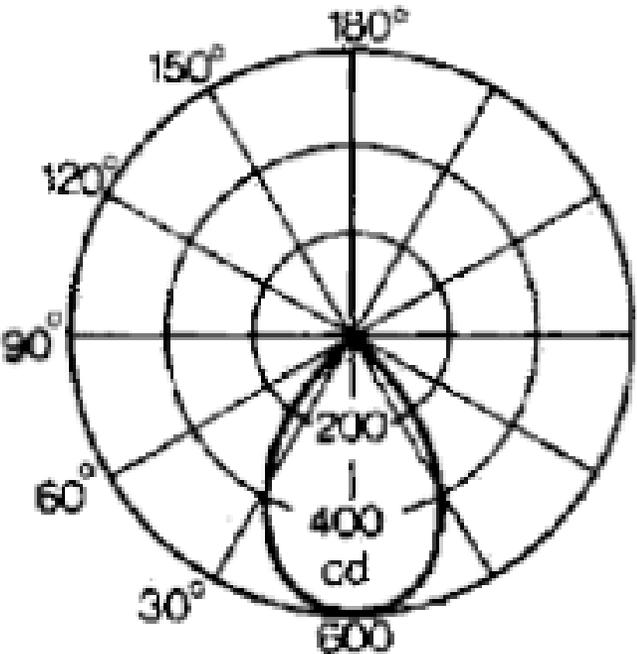
$$E = \frac{I \cdot \cos\varphi^3}{h^2} = \frac{80 \cdot \cos(60)^3}{2,5^2} = 1,6 \text{ lx/klm}$$



LE CURVE FOTOMETRICHE

22

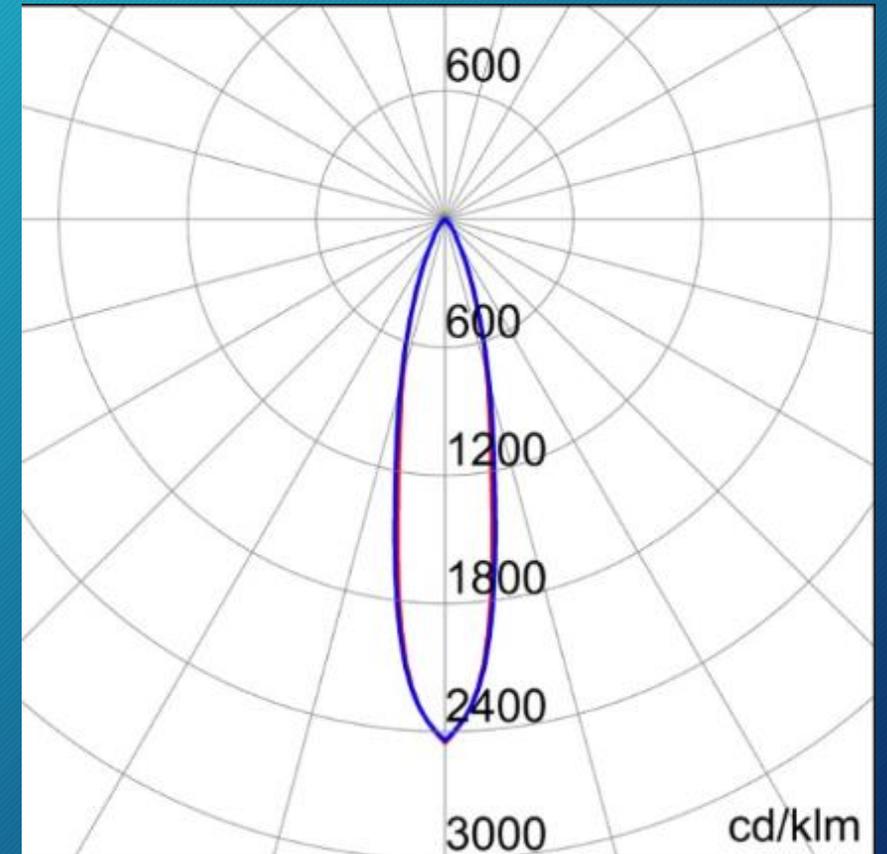
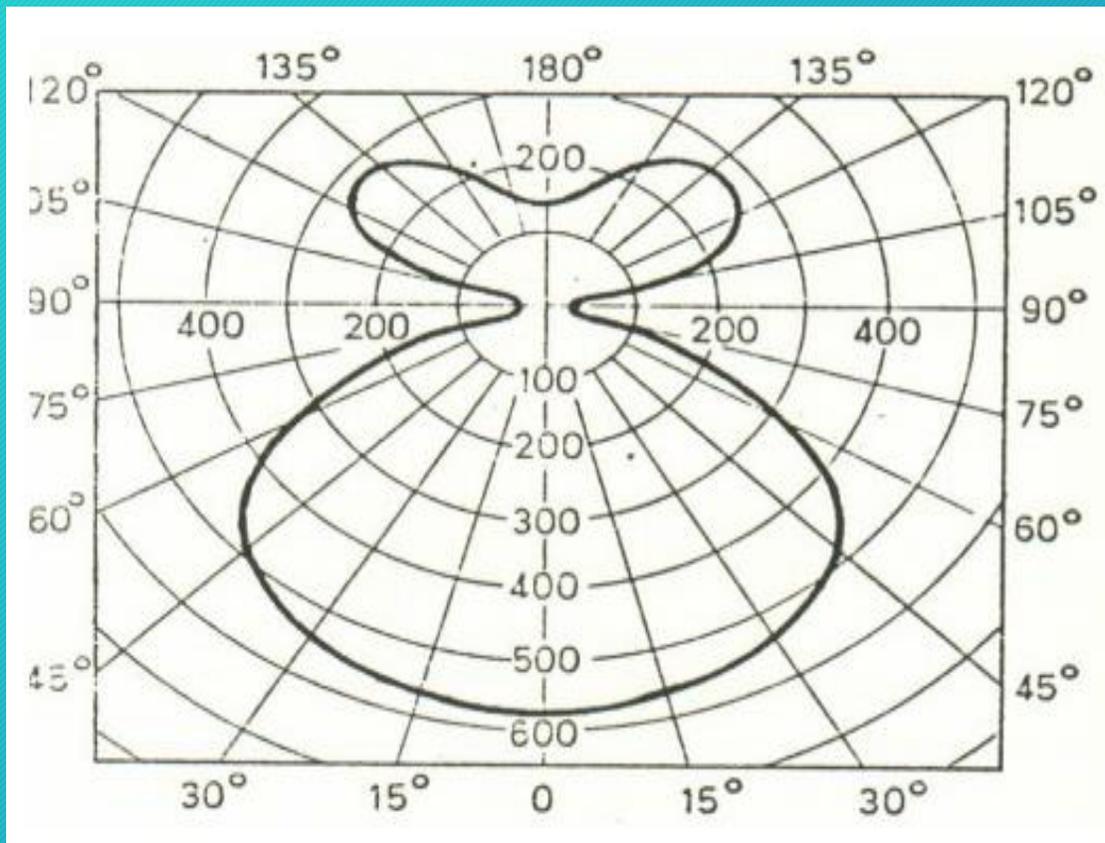
Osservando invece questa curva fotometrica cosa possiamo dedurre ?

| type | I ($\Phi = 1000 \text{ lm}$) | |
|--|---|---|
|  |  | <p>Esaminiamo ora la curva fotometrica dell'apparecchio qui di fianco.</p> <p>Possiamo intuire che l'apparecchio emette tutta la sua luce verso il basso e quasi esclusivamente tra i 330° e i 30° o meglio tra i -30° e i $+30^\circ$. In questo cono di 60° è concentrata gran parte della luce emessa. Possiamo poi notare che i cerchi concentrici riportano valori assai più grandi di quelli rilevati nella curva fotometrica della sfera. 200, 400 e 600 sono i valori. Questo apparecchio possiede la caratteristica di concentrare la luce entro un certo angolo. Utilizzando la lampadina da 100W presa come riferimento nel precedente esempio avremmo un'intensità luminosa verso l'angolo 0° (verticalmente sul terreno) pari a $600 \times 10.000 / 1.000 = 6.000$ candele molto più alto delle $25 \times 10.000 / 1.000 = 250$ candele prodotte dalla sfera (vedasi grafico relativo).</p> |

LE CURVE FOTOMETRICHE

23

E osservando invece queste curva fotometrica cosa possiamo dedurre ?



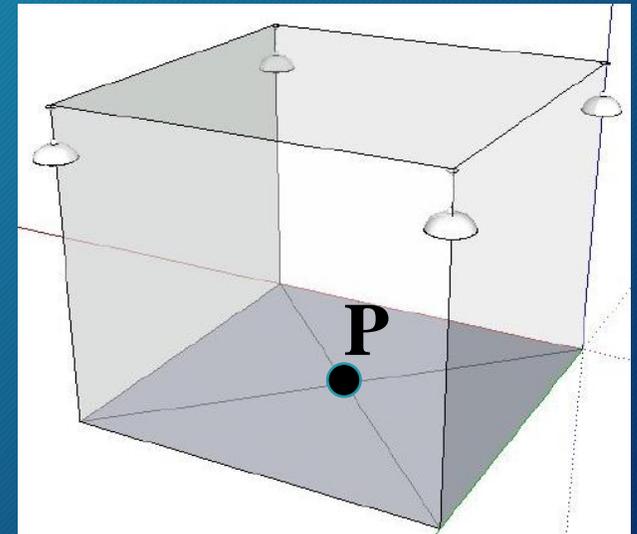
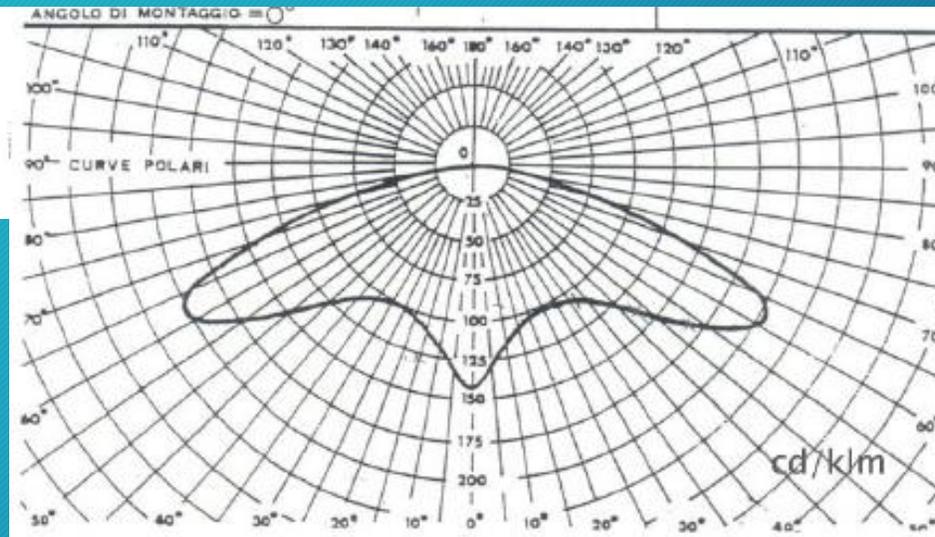
LE CURVE FOTOMETRICHE

Esercizio

24



Quattro sorgenti luminose di potenza **500 [W]** montano sorgenti a fluorescenza ($\eta_l = 90$ [**lm/W**]) e hanno curva fotometrica come mostrato in figura. Le sorgenti sono poste ai lati di un reticolo quadrato di lato **6m x 6m**, all'altezza **h = 5 [m]**. Verificare se nel punto **P**, punto centrale del quadrato in pianta, si ottiene un illuminamento minimo di **300 [lux]**.



LE CURVE FOTOMETRICHE

Esercizio

25



Si ricava dapprima il flusso luminoso Φ_1 emesso da ciascuna sorgente:

$$\Phi_1 = \eta_1 \cdot P = 90 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \cdot 500 \text{ W} = 45000 \text{ [lm]}$$

L'angolo θ che caratterizza la direzione di emissione (sorgente – punto P) è:

$$\tan \theta = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{5} \Rightarrow \theta = \arctan\left(\frac{3 \cdot \sqrt{2}}{5}\right) = 40^\circ$$

LE CURVE FOTOMETRICHE

Esercizio

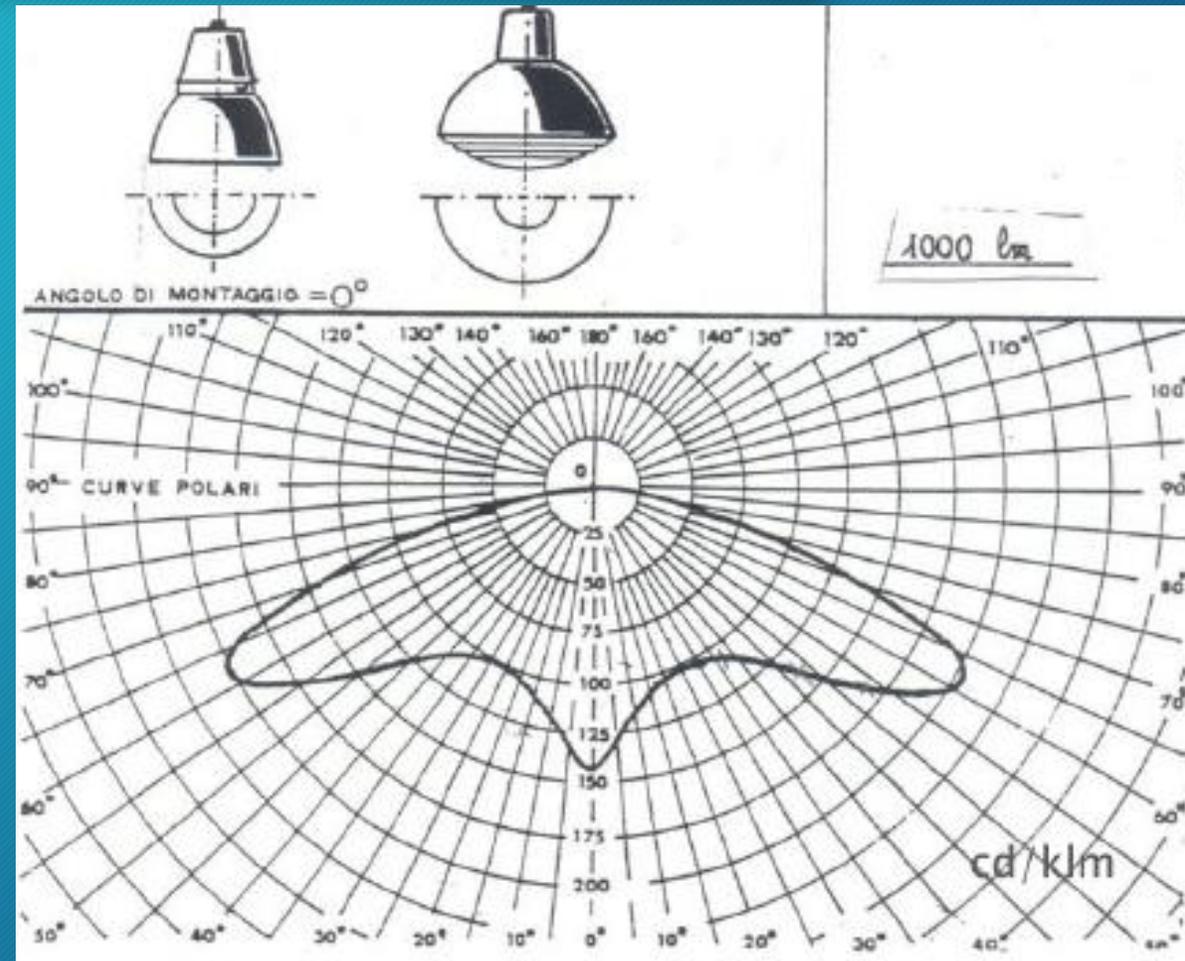
26



Dal diagramma si ricava l'intensità luminosa:

$$I_{\theta} = 110 \frac{\text{cd}}{\text{klm}} \Rightarrow I_{\theta} = 110 \cdot 10^{-3} \frac{\text{cd}}{\text{lm}}$$

$$\Rightarrow I_{\theta} = 110 \cdot 10^{-3} \frac{\text{cd}}{\text{lm}} \cdot 45000 \text{ lm} = 4950 \text{ cd}$$



LE CURVE FOTOMETRICHE

Esercizio

27



A questo punto si ricava l'illuminamento dato da un singolo corpo illuminante

$$E = \frac{I_{\theta} \cdot \cos^3 \theta}{h^2} = \frac{4950 \cdot \cos^3(40^\circ)}{5^2} \cong 89 \text{ [lux]}$$

L'illuminamento totale sarà dato dalla somma dei quattro contributi e verifica l'illuminamento minimo richiesto:

$$E_{\text{TOT}} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 4 \cdot E = 356 \text{ [lux]}$$

ESERCIZIO 1

In un istituto scolastico deve essere adeguato l'impianto di illuminazione di un piano costituito da un corridoio di dimensioni: lunghezza 45 metri, larghezza 2 metri e altezza 3 metri

e n. 8 aule, tutte delle seguenti dimensioni:

$a = 7 \text{ m}$

$b = 10 \text{ m}$

$h = 3 \text{ m}$

I banchi (piano di lavoro) hanno altezza pari a 0,85 m mentre l'altezza da considerare quale piano di lavoro del corridoio è quella del pavimento (0 metri).

I coefficienti di riflessione del soffitto e delle pareti sono rispettivamente del 75% e del 50%.

Assumendo un coefficiente di manutenzione pari a 0,8 e volendo utilizzare apparecchi bilampada a soffitto 2x58 W con flusso emesso pari a 6000 lm per lampada, si determini la potenza totale necessaria ad ottenere un illuminamento medio di 200 lux nel corridoio e 500 lux nelle aule.

Si determini inoltre il numero di lampade da cablare in emergenza che garantiscano un illuminamento medio delle aule e del corridoio non inferiore a 5 lux sapendo che in emergenza il rendimento si riduce al 15%.

N.B. Per la determinazione del coefficiente di utilizzo si faccia riferimento alla tabella sotto riportata.

ESERCIZIO 2

In una sala museale deve essere adeguato l'impianto di illuminazione mediante apparecchi led a sospensione.

La sala ha le seguenti dimensioni

lunghezza 15 metri, larghezza 18 metri e altezza 6 metri.

Il piano di lavoro si assume ad altezza pari a 0,85 m e gli apparecchi saranno sospesi a 65 cm dal soffitto.

I coefficienti di riflessione del soffitto e delle pareti sono tutti del 50%

Assumendo un coefficiente di manutenzione pari a 0,85 e volendo utilizzare apparecchi da 125 W con flusso emesso pari a 12800 lm per apparecchio, si determini la potenza totale necessaria ad ottenere un illuminamento medio di 450 lux.

N.B. Per la determinazione del coefficiente di utilizzo si faccia riferimento alla tabella sotto riportata.

TABELLA

| Soffitto | 75% | | | 50% | | | 30% | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | 30% | 10% |
| 0,5-0,7 | 0,38 | 0,32 | 0,28 | 0,37 | 0,32 | 0,28 | 0,31 | 0,28 |
| 0,7-0,9 | 0,46 | 0,42 | 0,38 | 0,46 | 0,41 | 0,38 | 0,41 | 0,38 |
| 0,9-1,1 | 0,50 | 0,46 | 0,43 | 0,50 | 0,46 | 0,43 | 0,46 | 0,43 |
| 1,1-1,4 | 0,54 | 0,50 | 0,48 | 0,53 | 0,50 | 0,47 | 0,49 | 0,47 |
| 1,4-1,75 | 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 |
| 2,75-3,5 | 0,69 | 0,66 | 0,63 | 0,67 | 0,65 | 0,63 | 0,64 | 0,62 |
| 3,5-4,5 | 0,72 | 0,70 | 0,67 | 0,70 | 0,68 | 0,66 | 0,67 | 0,66 |
| 4,5-6,5 | 0,74 | 0,71 | 0,69 | 0,72 | 0,70 | 0,68 | 0,69 | 0,67 |

Soluzione Esercizio 1

31

Dati

ESERCIZIO 1

LOCALE :
AULA :
n.8

$a = 7 \text{ m}$
 $b = 10 \text{ m}$
 $H = 3 \text{ m}$

$$\Rightarrow S_A = 70 \text{ m}^2 \quad E_A = 500 \text{ lx}$$

$$h = 3 \text{ m} - 0,85 = 2,15 \text{ m}$$

CORRIDOIO :
 $a = 45 \text{ m}$
 $b = 2 \text{ m}$
 $H = 3 \text{ m}$

$$\Rightarrow S_C = 90 \text{ m}^2 \quad E_C = 300 \text{ lx}$$

$$R = H = 3 \text{ m}$$

$$M = 0,8$$

$$S_{\text{ffitto}} = 75\%$$

$$\text{Pareti} = 50\%$$

$$\text{APPARECCHI} : \phi_{\text{app}} = 2 \times 6000 = 12000 \text{ lum}$$

1.0

Soluzione Esercizio 1

32

Studio corridoio

$U_c = ?$

Assumiamo illuminazione diretta $\Rightarrow K_c = \frac{S_c}{R(45+2)} = \frac{90}{3 \cdot 47}$

$$K_c \cong 0,64$$

Con $K_c = 0,64$ e i coeff di riflessione dalla tabella ricaviamo

$$U_c = 0,38 \Rightarrow \phi_{\text{tot}} = \frac{E_c \cdot S_c}{U_c \cdot H} = \frac{200 \cdot 90}{0,38 \cdot 0,8} \cong 59210 \text{ lumen}$$

$$n_{\text{app}} = \frac{\phi_{\text{tot}}}{\phi_{\text{app}}} = \frac{59210}{12000} = \underline{\underline{5 \text{ apparecchi}}}$$

In emergenza:

$$E_{\text{aux}} = 5 \text{ lx}$$

$$\phi_{\text{app}} = 12000 \cdot 0,15 = 1800 \text{ lumen}$$

$$\phi_{\text{lamp}} = 900 \text{ lumen}$$

$$\phi_{\text{totaux}} = \frac{5 \cdot 90}{0,38 \cdot 0,8} = 1480 \text{ lumen}$$

$$n_{\text{apparecchi}} = \frac{1480}{900} = \underline{\underline{2 \text{ lampade in aux}}}$$

Soluzione Esercizio 1

33

Studio euler:

Assumo sempre ill. diretta $\Rightarrow K_A = \frac{S_A}{h_A(7+10)} = \frac{70}{2,15 \cdot 17} = 1,91$

Con $K_A = 1,91$ e i coeff di inflessione dalla tabella ricavo:

$$U_A = 0,62$$

$$\Rightarrow \phi_{TOT} = \frac{E_A \cdot S_A}{U_A \cdot M} = \frac{500 \cdot 70}{0,62 \cdot 0,8} \approx 70565 \text{ lcu}$$

$$N_{app} = \frac{\phi_{TOT}}{\phi_{app}} = \frac{70565}{12000} = \underline{\underline{6 \text{ apparecchi}}}$$

e in emergenza:

$$E_{A_{emx}} = 500$$

$$\phi_{emx} = 900 \text{ lcu}$$

$$\therefore h_{emx} = 3 \text{ m} \Rightarrow K_A = \frac{70}{3 \cdot 17} \approx 1,37 \Rightarrow U_{A_{emx}} = 0,54 \text{ (da Tab)}$$

Soluzione Esercizio 1

34

$$\phi_{TOT\text{aux}} = \frac{5 \cdot 70}{0,54 \cdot 0,8} = 810 \text{ lx}$$

$$n_{\text{app}}^{\text{aux}} = \frac{810}{300} = \underline{1 \text{ lamp. in aux}}$$

CALCOLO ora la potenza totale dell'impianto

CORRIDOIO: 5 app da $(2 \times 58) \text{ W} \Rightarrow (2 \cdot 58) \cdot 5 = 580 \text{ W} +$

AULE: 6 app da $(2 \times 58) \text{ W} \cdot 8 \text{ aule} = 6 \cdot (2 \cdot 58) \cdot 8 = 5568 \text{ W}$

Totale $P_{TOT} = 6,148 \text{ kW}$

S.E.O.

Soluzione Esercizio 2

35

Esercizio 2

Dati

Sala : $a = 15 \text{ m}$
 $b = 18 \text{ m}$
 $H = 6 \text{ m}$
 $R_{\text{ipe}} = 0,85 \text{ m}$
 $R_{\text{sozp}} = 0,65 \text{ m}$

$R = 6 - 0,65 - 0,85 = 4,5 \text{ m}$

Soffitto 50% Pareti 50% $M = 0,85$
 $\Phi_{\text{app}} = 12800 \text{ l/m}$ $P_{\text{app}} = 125 \text{ W}$ $E = 450 \text{ B}$
 $n_{\text{app}} = ?$ $P_{\text{TOT}} = ?$

~

Soluzione Esercizio 2

36

Soluzione:

$$K = \frac{S'}{G(a+b)} = \frac{15 \cdot 18}{4,5 \cdot (15+18)} = \frac{270}{148,5} \approx 1,82 \quad \begin{array}{l} \text{ipotizzo} \\ \text{(illuminare)} \\ \text{(semi diretto)} \end{array}$$

Dalla Tabella $U = 0,6$

quindi
$$\phi_{TOT} = \frac{\bar{E} \cdot S}{U \cdot M} = \frac{450 \cdot 270}{0,6 \cdot 0,85} \approx 238235 \text{ lumen}$$

$$n_{app} = \frac{\phi_{TOT}}{\phi_{app}} = \frac{238235}{12800} \approx 19 \text{ app.}$$

(NOTA)
Per uniformità di
installazione installerò

$$\underline{n_{app} = 20}$$

$$P_{TOT} = 20 \cdot 125W = \underline{2500W}$$

S.E.&O.

Bibliografia

- *Tecnologie elettrico-elettroniche e applicazioni - Vol.2 - M. Coppelli B- Stortoni - Ed. Mondadori*
- *Manuale illuminotecnico pratico - Zumtobel Lighting GmbH Schweizer Strasse 30 Postfach 72 6851 Dornbirn, AUSTRIA T +43/(0)5572/390-0 info@zumbobel.info*

Sitografia:

- https://it.wikipedia.org/wiki/Wikipedia_in_italiano
- https://architettura.unige.it/did/l2/architettura/terzo0809/fisicatecnica/esercizi/svolti/es.cap6_2.pdf
- <http://www.edutecnica.it/>